



Universidad
de Alcalá
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA

ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD DE LOS MODELOS TERRITORIALES METROPOLITANOS: EL CASO DE CONCEPCIÓN (CHILE)

Aplicación de las Tecnologías de Información Geográfica

TESIS DOCTORAL

Carolina Alejandra Rojas Quezada
2008



Análisis de la Sostenibilidad de los
Modelos Territoriales Metropolitanos:
El caso de Concepción (Chile).

Aplicación de las Tecnologías de Información Geográfica

Tesis Doctoral presentada por
Carolina Alejandra Rojas Quezada

Bajo la dirección de la
Dra. María Jesús Salado García

Facultad de Filosofía y Letras
Departamento de Geografía
Programa de Doctorado en Cartografía,
Sistemas de Información Geográfica y Teledetección

Alcalá de Henares, Julio de 2008

A María Ángeles Díaz Muñoz †

Más allá de la dedicatoria de esta obra, siento que debo hacer una mención especial y expresar un honesto agradecimiento a quién en un principio fuera la directora de esta tesis, la Dra. María Ángeles Díaz Muñoz. Hasta nuestra última reunión siguió con mucho ánimo este trabajo, estaba profundamente interesada por la temática, que por lo demás era su reciente línea de investigación; por el área de estudio, que deseaba conocer pronto y también por la investigadora. Agradezco todo el tiempo que dedico a mi formación y el cariño maternal que me proporcionó en mi estadía en España.

Espero que en alguna medida, su espíritu y sus ganas de trabajar se vean reflejados en esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

Con mucha alegría quisiera manifestar mis más sinceros agradecimientos a quienes de alguna forma creyeron y apoyaron esta investigación.

En primer lugar mencionaré al Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá, a su programa de doctorado en “Cartografía, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección”, y a su cuerpo académico; especialmente destacando la labor de quienes fueron mis directores, del trabajo de investigación tutelado el Dr. Joaquín Bosque Sendra y de la tesis la Dra. María Jesús Salado García, quien asumió responsablemente esta tarea. En el departamento fortalecí mi formación en las Tecnologías de la Información Geográfica y sobre todo mi capacidad investigadora.

De mi estancia de investigación en la Universidad Autónoma de Barcelona, agradezco al Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF), que desde el principio me recibió como una más de la casa, especialmente al Dr. Joan Pino Vilalta, su apoyo y dedicación me han dado fuerzas para seguir adelante y un más que interesante reforzamiento metodológico en ecología del paisaje. De la misma Universidad agradezco al Departamento de Economía Aplicada, a los Drs. Iván Muñoz Olivera y Miguel Ángel García-López, por sus innovadoras e interesantes aportaciones metodológicas en el análisis de la policentralidad en áreas metropolitanas. Por otro lado también tuve la oportunidad de conocer al Dr. Joan Martori de la Universidad de Vic, a quién agradezco sus recomendaciones para el análisis de segregación residencial.

De los académicos de mi país, mi más profundo agradecimiento al Departamento de Geografía de la Universidad de Concepción, especialmente a la Directora Dr. Edilia Jaque Castillo, quién además de su apoyo personal, creyó en mis ideas e investigaciones, confiándome sus interesantes territorios de estudio. También agradezco el interés del Vice – Decano Sr. Bernardo Suazo Peña y del Decano Sr. Ricardo Utz Barriga de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía. Por lo demás esta Tesis Doctoral se relaciona con dos proyectos de investigación financiados por la Universidad de Concepción, éstos me han dado la posibilidad de conocer más el territorio y a los académicos que menciono.

A todos mis compañeros de doctorado con quienes compartí gratos momentos, reflexivas conversaciones existenciales, dudas y consejos sobre la tesis, especialmente a mi gran amiga y complemento Carolina De Carvalho Cantergiani y a Sergio Opazo Saldivia, ya todo un doctor y mi apoyo en teledetección.

Con respecto del financiamiento económico para realizar mis estudios en España, me siento orgullosa de ser una de las beneficiadas de la primera convocatoria de la “Beca Cervantes” (2005 –2006) para estudiantes latinoamericanos, otorgada por la Universidad de Alcalá y también del programa de Becas CONICYT, específicamente “Beca de Doctorado en el extranjero Convenio BIRF/Gobierno de Chile” (2006 – 2008), otorgada por el Gobierno de mi país.

Finalmente y no por ello menos importante agradezco a Dios y a esas extrañas energías que te hacen decaer y levantarte una y otra vez y por supuesto a mis padres y hermanos, por su comprensión y ánimos desde la distancia.

A todos ¡Muchas Gracias!

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	4
1.1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.2. OBJETIVOS.....	7
1.3. ESTRUCTURA DE LA TESIS	8

PRIMERA PARTE

LA SOSTENIBILIDAD DE LOS MODELOS TERRITORIALES METROPOLITANOS Y EL ÁREA METROPOLITANA DE CONCEPCIÓN

2. EVOLUCIÓN DEL TERRITORIO METROPOLITANO	12
2.1. LAS AREAS METROPOLITANAS: DEL MONOCENTRISMO AL TERRITORIO EN RED	12
2.2. EL ÁREA METROPOLITANA DE CONCEPCIÓN: CARACTERIZACIÓN GENERAL.....	18
3. SOSTENIBILIDAD TERRITORIAL Y PLANIFICACIÓN MÁS SOSTENIBLE.....	22
3.1. SOSTENIBILIDAD Y DIRECTRICES PARA LA PLANIFICACIÓN	22
3.2. EL INSTRUMENTO DE PLANIFICACIÓN METROPOLITANO DE CONCEPCIÓN.....	28

SEGUNDA PARTE

LA SOSTENIBILIDAD DEL MODELO TERRITORIAL METROPOLITANO REAL Y PLANIFICADO

4.	ANÁLISIS DE LOS PATRONES Y LA MORFOLOGÍA DEL CRECIMIENTO URBANO.....	43
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	44
4.2.	METODOLOGÍA	46
4.2.1.	IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS URBANAS	46
4.2.2.	ANÁLISIS DE LA MORFOLOGÍA DE LAS MANCHAS	50
4.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
4.3.1.	DESCRIPCIÓN DEL CRECIMIENTO URBANO.....	51
4.3.2.	COMPLEJIDAD Y COMPACIDAD DE LAS NUEVAS FORMAS DE CRECIMIENTO URBANO	57
5.	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA FUNCIONAL DE LOS CENTROS URBANOS	63
5.1.	INTRODUCCIÓN.....	64
5.2.	METODOLOGÍA	65
5.2.1.	IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS CENTROS URBANOS	65
5.2.2.	MODELO MONOCÉNTRICO O POLICÉNTRICO	67
5.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	69
5.3.1.	DISTRIBUCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS	69
5.3.2.	JERARQUÍAS METROPOLITANAS	74
5.3.3.	EL MODELO DE DESARROLLO FUNCIONAL DE LOS CENTROS ¿MONOCÉNTRICO O POLICÉNTRICO?	78

6.	VALORACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DEL MODELO TERRITORIAL	83
6.1.	INTRODUCCIÓN.....	84
6.2.	METODOLOGÍA	87
6.2.1.	CRITERIOS Y SELECCIÓN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD.....	87
6.2.2.	MODELACIÓN ESPACIAL DE LOS INDICADORES.....	91
6.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	101
6.3.1.	SISTEMA DE INDICADORES	101
6.3.2.	VALORACIÓN DE SOSTENIBILIDAD	105
7.	VALORACIÓN AMBIENTAL DE LA SOSTENIBILIDAD DEL MODELO PLANIFICADO	107
7.1.	INTRODUCCIÓN.....	108
7.2.	METODOLOGÍA	111
7.2.1.	DATOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN	112
7.2.2.	ÍNDICES DE EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	113
7.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	123
7.3.1.	CAMBIOS EN EL PAISAJE POR EL ESCENARIO PLANIFICADO.....	123
7.3.2.	ADECUACIÓN AMBIENTAL DEL ESCENARIO PLANIFICADO (PRMC)	126

8.	CONCLUSIONES	132
8.1.	CONCLUSIONES	132
8.2.	DISCUSIÓN GENERAL	136
8.3.	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	140
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145

ÍNDICE TABLAS

Tabla 3.1. Instrumentos y Escalas de Planificación	29
Tabla 3.2. Roles Comunes.....	34
Tabla 4.1. Índices de Forma.....	50
Tabla 4.2. Población y Vivienda (1992 -2002).....	53
Tabla 4.3. Matriz de Correlaciones	55
Tabla 4.4. Resumen Modelo de Regresión	56
Tabla 4.5. Resultados Índices de Forma (N= Número de Manchas).....	59
Tabla 4.6. Test Kruskal-Wallis	60
Tabla 5.1. Índices de Empleo.....	66
Tabla 5.2. Resultados de Indicadores de Empleo.....	72
Tabla 5.3. Efectos de la distancia a los centros y subcentros sobre la Densidad de Población (ln <i>Den</i>).....	80
Tabla 5.4. Efectos de la distancia a los centros y subcentros sobre la inversa de la Densidad de Población (ln <i>Den</i>).	81
Tabla 6.1. Sistema de Indicadores.....	89
Tabla 6.2. Clases de Coberturas de Suelo	92
Tabla 6.3. Matriz de Fricción.....	97
Tabla 6.4. Resumen de Resultados de los Indicadores	102
Tabla 6.5. Matriz de Componentes Principales	103
Tabla 7.1. Matriz de Naturalidad.....	115
Tabla 7.2. Matriz de Evaluación de Riesgo de Derrumbe	118
Tabla 7.3. Matriz clasificación de Riesgos Naturales	121
Tabla 7.4. Matriz de valoración de la Adecuación Ambiental	123
Tabla 7.5. Cambios en la Naturalidad media	124

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.1. Esquema Estructura de la Tesis	9
Figura 2.1. Localización Área Metropolitana de Concepción	19
Figura 3.1. Estructura Áreas de Planificación	36
Figura 3.2. Mapa de Áreas de Planificación.....	36
Figura 3.3. Zonificación del Uso del Suelo	41
Figura 4.1. Imágenes de Componentes Principales año 2001. Arriba CP1, CP2 y CP3, abajo Composición en color donde se aprecia en tonos rosas el área urbana construida	48
Figura 4.2. Crecimiento Urbano 1990 – 2001	49
Figura 4.3. Incremento Superficie Urbanizada por comuna.....	53
Figura 4.4. Incrementos Variables.....	54
Figura 4.5. Tipos de Crecimiento	58
Figura 4.6. Ejemplos de resultados de Formas Urbanas.....	61
Figura 5.1. Sistema de Asentamientos y Coronas Metropolitanas.....	71
Figura 5.2. Distribución Población Ocupada residente.....	73
Figura 5.3. Especialización Funcional.....	73
Figura 5.4. Flujos Propósito Laboral.....	74
Figura 5.5. Jerarquías de los Centros Metropolitanos	77
Figura 5.6. Atractores de Flujo Laboral versus Densidades y Precios de Suelo	79
Figura 6.1. Mapa actualizado de Coberturas del Suelo	93
Figura 6.2. Zonas de Transporte EOD.....	94
Figura 6.3. Ejemplo de mapa de fricción para el Bosque Nativo	98
Figura 7.1. Escenarios Metropolitanos.....	113
Figura 7.2. Mapas de Naturalidad E0 y E1.....	115
Figura 7.3. Mapa de Riesgos Naturales.....	120
Figura 7.4. Cambios porcentuales en las clases de Naturalidad	124
Figura 7.5. Pérdida y Ganancia de Conectividad Ecológica por tipos de vegetación en el E1	125
Figura 7.6. Índice de Adecuación Ambiental en Zonas de Extensión Urbana	128
Figura 7.7. Mapa de Índice de Adecuación Ambiental.....	129

RESUMEN

Las áreas metropolitanas se perfilan como los espacios más apropiados para evaluar el comportamiento de los territorios urbanos en relación a la sostenibilidad, ésta última conocida como la opción más difundida para garantizar la calidad de vida y evitar el daño al medio ambiente. Esta investigación tiene como objetivo general “evaluar el modelo territorial actual del Área Metropolitana de Concepción (Chile), desde la mirada de la sostenibilidad y su proyección en las tendencias plasmadas en la planificación metropolitana vigente”. Concretamente se estudia su estructura física y funcional, llegando a evaluar aspectos de su sostenibilidad en el modelo actual y planificado. El caso de estudio se analiza mediante dos capítulos teóricos, organizados en una primera parte denominada “La Sostenibilidad de los Modelos Territoriales Metropolitanos y el Área Metropolitana de Concepción”, y cuatro capítulos aplicados organizados en una segunda parte denominada “La Sostenibilidad del Modelo Territorial Actual y Planificado”. En los capítulos aplicados se desarrollan aportaciones metodológicas apoyadas principalmente por las Tecnologías de Información Geográfica, demostrando sus amplias ventajas en el análisis territorial. Los resultados permitieron reconocer el comportamiento de las estructuras de una configuración metropolitana reciente, medir algunos aspectos de sus sostenibilidad y valorar el escenario futuro desde la evaluación ambiental. La investigación se considera una contribución a un tema contemporáneo y en discusión, que requiere del desarrollo de métodos para hacerlo más operativo; en este sentido los geógrafos y las Tecnologías de Información Geográfica tienen mucho que aportar.

ABSTRACT

Metropolitan Areas are emerging as the most appropriate spaces to evaluate the behavior of urban areas in relation to sustainability, known as the most widespread choice to ensure the quality of life and to avoid damage to the environment. This research has as main goal: "assess the current territorial model of Concepcion Metropolitan Area (Chile), from the point of view of sustainability and its projection on the trends reflected in the current metropolitan planning." It's physical and functional structures are reviewed, with the purpose of assessing the sustainability of the territorial model and the planned one. The case of study is analyzed through two theoretical chapters, organized in a part entitled "The Sustainability of Metropolitan Territorial Models and the *Concepción* Metropolitan Area", and a second one entitled "The Sustainability of Actual and Planned Territorial Model", that is formed by four practical chapters. In the applied chapters methodological contributions are developed, supported mainly by Geographic Information Technologies, presenting their advantages in spatial analysis. The results allow recognizing the behavior of structures in a recent metropolitan configuration, measuring some aspects of its sustainability and evaluating future scenarios from environmental assessment. The investigation can be considered as a contribution to a contemporary topic that is under discussion, which requires the development of methods to make it more operational; in this sense, geographers and Geographic Information Technologies have much to contribute.

TESIS DOCTORAL
**ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD DE LOS MODELOS TERRITORIALES
METROPOLITANOS: EL CASO DE CONCEPCIÓN (CHILE)**

Capítulo

1. Introducción

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. INTRODUCCIÓN

La presente tesis doctoral pretende ser un acercamiento a la valoración de la **Sostenibilidad** de los complejos modelos territoriales gestados en las **Áreas Metropolitanas**. Las **Tecnologías de la Información Geográfica** (TIG) serán imprescindibles aliados en el análisis de la estructura física y funcional, el análisis del modelo actual y el de planificación territorial del área de estudio definida como el Área Metropolitana de Concepción (Chile).

La sostenibilidad como concepto se deriva del **Desarrollo Sostenible** que desde su divulgación en los años ochenta, se ha instaurado como la opción a perseguir por las naciones, para garantizar buenos estándares de calidad ambiental, económica y social.

En esta meta, las áreas metropolitanas cumplen un rol fundamental. Actualmente concentran la población y el mercado, su crecimiento, muchas veces desmesurado, provoca serias alteraciones en el ecosistema. Por lo mismo, éstas se han analizado desde la óptica de la llamada *sostenibilidad fuerte*, preocupada por evaluar y regular el aumento del consumo energético y los impactos ambientales producidos por el crecimiento urbano y su dispersión; como de la *sostenibilidad débil*, más preocupada por un crecimiento económico sostenido e igualitario que disminuya sus efectos negativos sobre el medio ambiente.

El debate ha trascendido al punto de lograr el surgimiento de instituciones e iniciativas para supervisar los avances hacia el desarrollo sostenible, cobrando una especial importancia la medición de la **Sostenibilidad Urbana** y el desarrollo de iniciativas que evalúan la calidad de las ciudades y el desarrollo local (Agendas 21).

Al considerar que los nuevos modelos de ciudad, involucran territorios más extensos y relaciones entre núcleos distintos, ya no es tan pertinente una visión simple como la que ofrecía la ciudad tradicional; es necesaria la redefinición de un nuevo objeto

geográfico (Feria, 2006). Además, el límite entre lo urbano y lo rural es cada vez más difuso; ambas piezas forman un todo solidario que es necesario evaluar y planificar de forma conjunta (Folch, 2003; Font, 2003). Según esta visión, los territorios metropolitanos se ajustan perfectamente como sinónimos de estas nuevas formas de desenvolvimiento urbano y permiten entender la ciudad con sus vecinos en su ámbito de relaciones e influencias.

Las áreas metropolitanas, a menudo, son consideradas espacios y estructuras territoriales complejas y diversas, muy caracterizadas por las relaciones funcionales entre los núcleos que la componen. En la mayoría de los casos surgen como producto del crecimiento y del desbordamiento de las ciudades, considerado como una de las mayores preocupaciones ante la amenaza del cambio climático, la pérdida de ecosistemas y de calidad de vida.

A pesar de la importancia de la sostenibilidad de las urbes y su aparición en la opinión pública y políticas gubernamentales, ésta sigue siendo un concepto difuso, complejo y difícil de evaluar. Por esto, el desarrollo y la aplicación de metodologías que permitan aproximarse al estudio de la sostenibilidad del modelo metropolitano son un desafío importante y una primera aportación a la ciencia geográfica.

Al abordar la complejidad de un modelo metropolitano y el modo más adecuado para medir su sostenibilidad surgen múltiples interrogantes en tres direcciones:

¿Cuál es la dinámica actual de las áreas metropolitanas? ¿Qué factores explican sus transformaciones recientes? ¿Es la planificación uno de ellos? ¿Qué elementos o variables describen mejor hoy sus características?.

¿Qué papel ha de jugar el análisis geográfico y las Tecnologías de la Información Geográfica en la evaluación de la sostenibilidad de un modelo metropolitano? ¿Qué grado de incidencia tiene o podría tener la planificación en la definición de un modelo metropolitano más sostenible?.

¿Sobre qué criterios, componentes y variables territoriales podríamos evaluar la sostenibilidad de un modelo metropolitano?.

Ante el creciente interés por el tema y las incertidumbres planteadas, se diseña una investigación titulada ***Análisis de la Sostenibilidad de los Modelos Territoriales Metropolitanos: El caso de Concepción (Chile). Aplicación de las Tecnologías de Información Geográfica***, optando por realizar aplicaciones metodológicas en un área metropolitana concreta, específicamente en crecimiento y en un país en vías de desarrollo de Latinoamérica.

Chile se destaca como uno de los países más urbanizados: de sus 15.116.435 de habitantes (INE, 2002), el 83, 18 % de la población vive en ciudades, aunque se centralizan y concentran principalmente en su capital, Santiago, con más de 5 millones de personas. Como principal causa de la rápida urbanización se menciona el nuevo modelo económico neoliberal implementado en los años setenta (Henríquez et al., 2006).

Excluyendo a Santiago, cuya configuración metropolitana se encuentra muy bien estudiada en De Mattos y Hidalgo, 2007; las áreas metropolitanas en orden de importancia son Concepción y Valparaíso. Ambas surgen como territorios de reciente formación, producto de un crecimiento ligado al desarrollo industrial y portuario del país. La suma de las tres grandes metrópolis representa el 54,9% del suelo urbano nacional (Gobierno de Chile- Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU, 2006).

De las tres grandes áreas urbanas, la investigación se refiere al ***Área Metropolitana de Concepción***, también conocida como el “Gran Concepción”, localizada al centro sur de Chile en la octava Región del Bío-Bío. Se elige por ser la segunda concentración del país y por su interesante dinámica de urbanización, documentada en algunos estudios recientes (Pauchard et al., 2006; Rojas et al., 2006 y Pérez y Salinas, 2007).

1.2. OBJETIVOS

La investigación realiza un análisis de la sostenibilidad del modelo territorial metropolitano de Concepción mediante un **objetivo** general que consiste en “*evaluar el modelo territorial actual, desde la mirada de la sostenibilidad y su proyección en las tendencias plasmadas en la planificación metropolitana vigente*”.

Con respecto del modelo actual el Área Metropolitana de Concepción (AMC) es “*un territorio de reciente configuración y en crecimiento, compuesto por ciudades medias y extensas superficies rurales. El crecimiento que experimenta ha provocado cambios en sus estructuras urbanas y en su ecosistema natural*”.

Para medir esta configuración en su evolución reciente se definen dos **objetivos específicos**:

- 1) Modelar la expansión urbana y determinar patrones de crecimiento por medio del análisis de las formas.
- 2) Analizar la estructura funcional y determinar si responde a un modelo tradicional monocéntrico o un nuevo modelo policéntrico, por medio del análisis de densidad de la población.

Con respecto de la sostenibilidad se asume que el modelo territorial actual se trasluce en una peculiar configuración física, histórica y funcional y, consiguientemente, un particular bagaje para afrontar los objetivos de competitividad económica, equidad social y equilibrio ecológico. Por tanto un tercer objetivo específico pretende:

- 3) Analizar aspectos particulares de la sostenibilidad del modelo territorial metropolitano, por medio de la definición de criterios y generación de indicadores de sostenibilidad.

Con respecto de la planificación se considera que el instrumento de ordenamiento territorial representa el escenario futuro, esperado y deseado para el área metropolitana,

y que su existencia asegura la incorporación de aspectos de sostenibilidad, conservación y gestión ambiental. Por tanto el cuarto objetivo específico se refiere a:

- 4) Analizar la planificación o el nuevo escenario de crecimiento urbano propuesto en la zonificación metropolitana, desde los aspectos ambientales de la sostenibilidad, por medio de indicadores de evaluación ambiental.

1.3. ESTRUCTURA DE LA TESIS

La investigación se organiza en los siguientes siete capítulos, los cuales están estructurados de una forma evolutiva permitiendo una aproximación progresiva al tema y al objetivo general (Figura 1.1).

El Capítulo 2 constituye el marco conceptual referente a la evolución de las áreas metropolitanas y al caso particular de Concepción.

El Capítulo 3 profundiza en la relación entre las *áreas metropolitanas, la sostenibilidad y la planificación*, presentando el instrumento de planificación denominado Plan Regulador Metropolitano de Concepción.

El Capítulo 4 se refiere al crecimiento urbano del área metropolitana en la serie temporal 1992 – 2002, fechas de los últimos censos de población y vivienda. Se obtienen las nuevas formas de crecimiento y se analiza si tienden a un modelo disperso, aplicando índices de continuidad urbana. En el capítulo se logra una comprensión de los factores de expansión y las tendencias de compacidad y complejidad de las manchas urbanas.

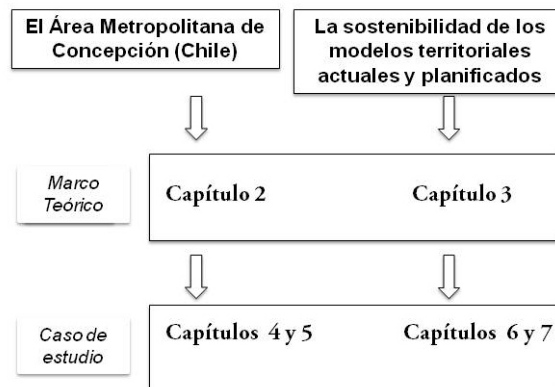
El Capítulo 5 profundiza en el análisis de la estructura funcional metropolitana. Se realiza un análisis sobre la base de información de población y movilidad, aplicando funciones de densidad que permiten explicar su estructura. En el capítulo se logra identificar con qué modelo (monocéntrico y policéntrico) se organiza la reciente configuración metropolitana.

El *Capítulo 6* reflexiona sobre los factores que hacen más sostenible el modelo metropolitano. Se proponen cuatro criterios de sostenibilidad territorial y a partir de ellos se selecciona y diseña un índice ejemplo de cada uno. En el capítulo se logra valorar aspectos de la sostenibilidad del modelo territorial metropolitano.

El *Capítulo 7* analiza y valora la sostenibilidad del plan metropolitano o futuro esperado. La valoración se realiza desde la evaluación ambiental, se aplican índices ambientales de cambios entre el modelo actual y planificado, determinando la adecuación ambiental de las áreas urbanizables. En el capítulo se logra valorar la adecuación de la zonificación del suelo a la capacidad ambiental del territorio.

Por último, el *Capítulo 8* describe el cierre de la investigación presentando las conclusiones, una discusión general y las futuras líneas de investigación. Finalmente el último apartado se refiere a las referencias bibliográficas.

Figura 1.1. Esquema Estructura de la Tesis



Por los aportes de la investigación se considera una tesis metodológica, que nace de las inquietudes y líneas de investigación propuestas por la profesora Dra. María Ángeles Díaz Muñoz (Q.E.P.D), en el grupo de investigación “Aplicación de los S.I.G. a procesos Socio-Territoriales”. La tesis se presenta al programa de doctorado en ***Cartografía, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección del Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá***, recalcando que en todas sus aplicaciones o casos

prácticos, se utilizan las ventajas de las ***Tecnologías de la Información Geográfica***, validándolas como una de las herramientas más adecuadas y recomendables en los estudios territoriales metropolitanos.

PRIMERA PARTE
**LA SOSTENIBILIDAD DE LOS MODELOS TERRITORIALES METROPOLITANOS Y
EL ÁREA METROPOLITANA DE CONCEPCIÓN**

Capítulos

- 2. Evolución del Territorio Metropolitano
 - 3. Sostenibilidad Territorial y Planificación más Sostenible
-

2. EVOLUCIÓN DEL TERRITORIO METROPOLITANO

2.1. LAS AREAS METROPOLITANAS: DEL MONOCENTRISMO AL TERRITORIO EN RED

Al estudiar un área metropolitana se tiene presente que lo habitual sería analizar un conjunto de ciudades con sus fenómenos y estructuras complejas, cuestionando el cómo funciona, cómo se articula y a qué debe su especial organización. Aunque parecen interrogantes un tanto antiguas, hoy por hoy sigue siendo un desafío identificar a qué modelos o estructuras tienden las formas urbanas.

Retrocediendo en la historia, el urbanismo clásico explica que los cambios económicos, sociales y la urbanización van estrechamente ligados al desarrollo industrial y a la conformación de la ciudad o sistema espacial complejo (Wilson, 2000). En términos simples los avances técnicos e industriales han traído como consecuencia un acelerado aumento de la población, por ende una extensión de su tamaño y fenómenos nuevos como la migración campo-ciudad y el desarrollo de los sistemas de transporte para reducir la distancia residencia-trabajo. Estos factores han hecho que la ciudad se transforme en un espacio dinámico y en continuo crecimiento.

La expansión urbana y la complementariedad de funciones de los centros ha generado un territorio metropolitano o agrupaciones de núcleos que físicamente pueden desarrollarse en conurbaciones urbanas, aunque es importante tener muy claro que el aspecto morfológico no es el criterio más determinante en la formación de un territorio metropolitano, como sí lo es la relación funcional entre los núcleos que la componen. Por ejemplo, algunos pueden ser ciudades dormitorio, otros ciudades industriales u otros comerciales y administrativos, pero todos están relacionados e incluso pueden presentar más de una función. La funcionalidad urbana constituye la razón de ser de una ciudad, la causa explicativa de su dinamismo, la determinante de su escala territorial (Precedo,

1996). Si bien las áreas metropolitanas poseen uno o varios núcleos centrales importantes y especializados, también la componen otros núcleos que crecen en el espacio metropolitano y que generalmente se forman por ciudades intermedias y pequeñas. Éstas procuran tener buenas conexiones con las grandes aglomeraciones para obtener el máximo beneficio de su carácter urbano (Ascher, 2004).

Como definición general se propone que: un área metropolitana es un centro social, económico, político y administrativo, con núcleos urbanos estrechamente relacionados entre sí, conformando una unidad funcional. Entre ellos obviamente existen flujos y especializaciones de bienes y servicios, que dan forma a una organización jerárquica de las ciudades, donde cada una tiene una función más desarrollada que la otra, generando un sistema de dependencias entre ellas.

Entender el comportamiento y la funcionalidad de las áreas metropolitanas implica comprender modelos explicativos provenientes de la teoría clásica y que en su momento provocaron un cambio y una evolución en el análisis de la estructura urbana. Las primeras teorías apuntaron al entender los factores del crecimiento urbano, la utilización del suelo y la incorporación de superficie rural a la ciudad; entre los pioneros se destaca la *“Teoría de la Localización Industrial”* de Weber (1909) que expresa la relación entre la localización de los recursos (materias primas) y el mercado en un triángulo, explicando que la instalación de una industria depende de la distancia a los recursos y al mercado; Retcliffe (1925) analiza la centralidad en base a la influencia de las rentas en la distribución de los usos del suelo; Von Thünnen (1826) con su *“Teoría de los Anillos Concéntricos”*, representa la concentración de los distintos usos agrícolas alrededor de un centro de mercado; Burgues (1923) con su *“Teoría Concéntrica”*, plantea la noción de que el desarrollo de la ciudad tiene lugar hacia fuera y a partir de su área central de servicios y comercio, formando una serie de coronas, anillos o áreas concéntricas y Hoyt (1939) propone la *“Teoría de los*

Sectores” de la cual se deduce que el crecimiento de la ciudad comenzaba desde el centro, pero dependía de los ejes de transporte (Johnson, 1980).

Los avances conceptuales evolucionaron al desarrollo de una de las teorías más importantes del urbanismo moderno, marcando un cambio en el modo de entender el territorio urbano; la conocida *“Teoría de los Lugares Centrales”* (1933) creada por el geógrafo alemán Walter Christaller. Ésta básicamente consiste en que los asentamientos urbanos se sitúan en un espacio isotrópico a distancias regulares en torno a centros de servicios, por tanto el costo de un producto dependerá de factores como la distancia y el precio del transporte. En este marco, un lugar central es aquel núcleo de población que ofrece más bienes y servicios, siendo la cercanía a ellos por parte de los clientes el factor más importante que guía la distribución de los asentamientos urbanos (Johnson, 1980; Wilson, 2000), intentando explicar el tamaño, número y distribución de los asentamientos. El gran aporte del modelo fue establecer la forma en que diversos factores se articulan en el territorio, dando lugar a una jerarquía urbana (Precado, 2003), además fue una forma acertada de caracterizar las áreas funcionales por medio del establecimiento del grado de centralidad de los asentamientos que depende de los bienes y servicios que se oferten.

Las tesis posteriores se enfocaron en seguir perfeccionando la explicación de la complejidad de la ciudad. Una visionaria teoría fue la desarrollada por los geógrafos Harris y Ullman en 1945, con su *“Teoría de Núcleos Múltiples”*, plantearon que las ciudades tienen una estructura esencialmente celular, en la cual los diferentes tipos de utilización de suelo se han desarrollado alrededor de ciertos puntos de crecimiento o núcleos, situados en el interior del área urbana (Johnson, 1980). Harris y Ullman son los primeros en explicar la complejidad del crecimiento de la ciudad y aunque se basan en un centro como el resto de las teorías, son los primeros en plantear la configuración policéntrica de las ciudades.

De hecho, en los últimos años la aproximación conceptual para entender el fenómeno metropolitano, se ve desde la óptica del comportamiento del modelo económico

ligado a la teoría del lugar central. Las principales preocupaciones se refieren a conocer si las áreas metropolitanas mantienen modelos monocéntricos o tienden a modelos absolutamente policéntricos, si las regiones funcionales deben tender a constituir o no redes metropolitanas, si los modelos reflejan realmente el comportamiento de las actuales áreas metropolitanas (Schwanen et al., 2001), y por último y no menos importante se discute si el desarrollo policéntrico es la alternativa para un desarrollo territorial más equilibrado y, por qué no, más sostenible.

Se ha mencionado que no es ninguna novedad que las grandes áreas metropolitanas sean policéntricas, hay amplias evidencias empíricas que el modelo policéntrico es la regla y no la excepción en el caso de este tipo de territorios. Sin embargo, en las ciudades pequeñas, es más aplicable un modelo donde el uso residencial se distribuye alrededor de un centro de empleo, es decir un modelo monocéntrico (Redfearn, 2007). Como se mencionó, el modelo de Harris y Ullman (1945) fue uno de los primeros en sugerir que la ciudad podría convertirse en policéntrica. Actualmente cada vez más las ciudades de todas partes se están haciendo más policéntricas y los modelos clásicos antes presentados de hace 70 años, que se basaban en la ciudad monocéntrica (excepto Harris y Ullman) han dejado de existir (Hall, 2007). Sabemos que las formas urbanas están cambiando y que existe una clara tendencia a que muchas ciudades en expansión se alejen paulatinamente del monocentrismo, conformando estructuras policéntricas en las que coexisten diferentes subcentros, que sumada a fenómenos como la discontinuidad espacial y la baja densidad, a menudo sea etiquetada como ciudad dispersa (García-López y Muñiz, 2007).

La estructura clásica o monocentrismo simplemente puede entenderse desde la teoría de Von Thünen, con la cual se explica la distribución de los usos alrededor de un centro principal. En cambio el policentrismo como fenómeno nuevo se describe por ser aquel proceso mediante el cual una ciudad o área metropolitana se aleja paulatinamente

de una estructura espacial caracterizada por la existencia de un solo centro de empleo, dirigiéndose hacia una nueva donde coexisten varios centros del mismo, originados por la descentralización del empleo o integración de centros pre-existentes (Muñiz et al., 2008). Los subcentros de empleo desarrollan economías de escala y de aglomeración que desde un centro incrementan la proximidad al consumidor logrando dispersarse, cada centro significa una desconcentración del empleo, un punto para acceder al trabajo, al comercio y a la recreación (Becerril-Padua, 2000).

Si observamos a las grandes metrópolis del mundo, encontramos que muy a menudo cuentan con un centro de negocios tradicional, un centro de actividad secundaria, un centro terciario y ciudades periféricas exteriores y muchas otras por el estilo. Sin duda las áreas metropolitanas están cambiando y esta nueva forma urbana policéntrica empieza a dominar y a convertirse en algo incluso más amplio, en ciertos casos, podemos llamarla la región mega-urbana policéntrica (Hall, 2007).

Estos cambios producidos por el crecimiento de la economía y la globalización se observan en ciudades concretas. Por ejemplo, la descentralización del empleo se refleja fuertemente en las ciudades norteamericanas, que en sí mismas se convierten en áreas metropolitanas, difusoras del modelo policéntrico a menudo caracterizado como disperso. En particular el caso de Los Ángeles, siempre citada como precursora de la ciudad policéntrica, donde los lugares de trabajo y servicios se han esparcido y separado de los tradicionales centros (William y Clark, 2000), también son consideradas ejemplos de policentralidad las viejas áreas metropolitanas de New York, Philadelphia, Chicago y Boston. En las urbes de EE.UU el fenómeno comenzó cuando aparecen subcentros en la periferia, colonizando espacios vacíos u ocupados por viviendas con densidades bajas, por tanto la periferia acoge lo que el CBD (*Central Business District*) expulsa (Muñiz et al., 2005). A raíz del fenómeno americano y sus transformaciones, se generó un nuevo concepto de ciudad, las llamadas *Edge Cities* o ciudades periféricas o nuevos suburbios que

localizan comercio y servicios, especialmente centros comerciales de consumo, bancos y servicios médicos que se ubican lejos de los centros urbanos, mezclando la función residencial con los lugares de trabajo, acceder a ellos sugiere el uso del automóvil privado.

Desde una perspectiva más funcional los territorios europeos proponen el desarrollo policéntrico como uno de los principios o directrices para conseguir un desarrollo territorial sostenible, más cohesionado económica y socialmente a gran escala. Se sugiere un sistema equilibrado y policéntrico entre ciudades y una nueva relación entre campo y ciudad (Comisión Europea, 1999).

En términos de aplicaciones metodológicas, las nuevas estructuras se han identificado por el comportamiento de la densidad de la población y los precios del suelo; así en el caso de las estructuras monocéntricas, éstas tienden a disminuir del gran centro a la periferia; en cambio, en las policéntricas, disminuyen levemente en los espacios intermedios, entre las instalaciones manufactureras y la residencia o entre el comercio y la residencia dependiendo del tamaño de los centros (William y Clark, 2000).

Se pueden distinguir dos tipos de estructuras policéntricas: el primero es la existencia de un área metropolitana con suburbios integrados en su área de influencia (ciudades norteamericanas) y el segundo es un conjunto de ciudades relacionadas sin un claro centro dominante (Randstad Holandés); espacialmente se pueden diferenciar por la forma en que han emergido, se sugieren tres maneras: el modelo centrifugo, el modelo de incorporación y el modelo de fusión (Champion, 2001).

Como ya lo podemos deducir, los territorios metropolitanos son complejos y se definen por sus relaciones funcionales más que por sus dimensiones físicas de crecimiento urbano, ante las preocupaciones actuales, es interesante aproximarnos a la perspectiva de la sostenibilidad de los modelos metropolitanos y las respuestas de la planificación urbana.

2.2. EL ÁREA METROPOLITANA DE CONCEPCIÓN: CARACTERIZACIÓN

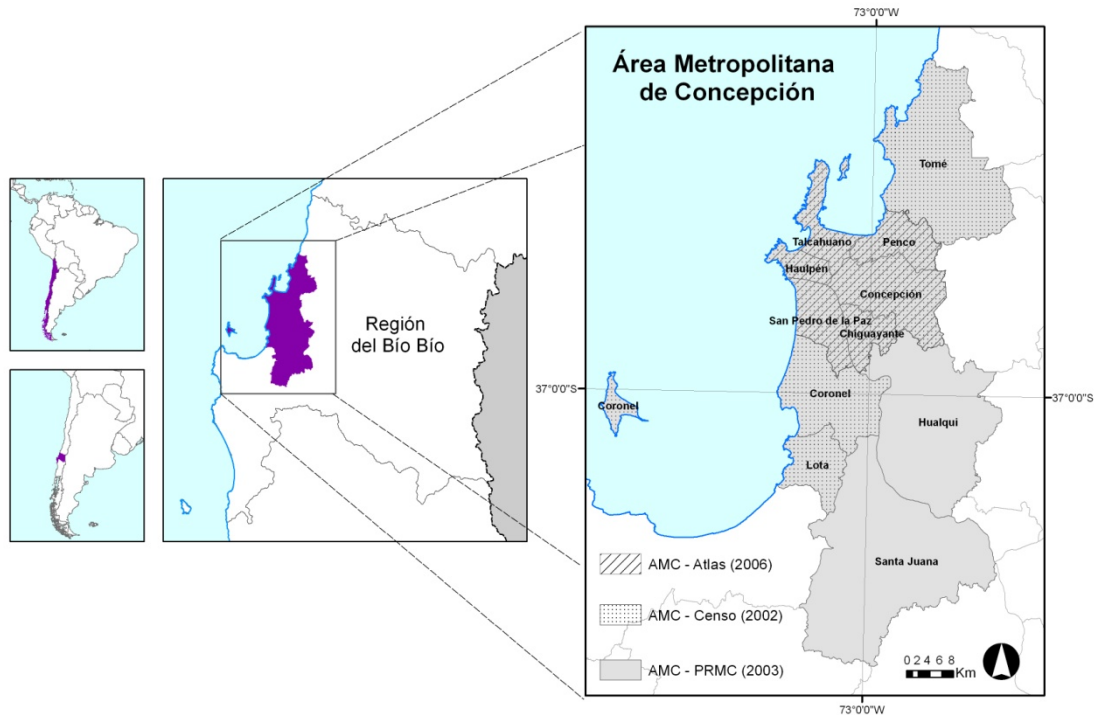
GENERAL

El Área Metropolitana de Concepción (en adelante AMC), también conocida como el “Gran Concepción”, se localiza al centro sur de Chile entre los 36°35’ y 37°00’ de latitud sur y los 72°45’ a 73°15’ de longitud oeste, ocupa un territorio costero originado por la tectónica terciaria y las regresiones marinas del cuaternario; y el pie monte de la Cordillera de la Costa, en la octava Región del Bío-Bío (Figura 2.1).

El Gran Concepción conforma un espacio dinámico e interesante, que producto de su crecimiento urbano, ha despertado un especial interés científico plasmado en recientes publicaciones (Vásquez et al., 2005; Rojas et al., 2006; Pauchard et al., 2006; Pérez y Salinas, 2007). Su delimitación resulta bastante compleja: por un lado para el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) está compuesta por 9 comunas que en su conjunto representan un núcleo urbano con más de 800 mil habitantes; para el Atlas Socio Ambiental, es un conglomerado urbano que se compone de 6 comunas que representan el núcleo central o ciudades conurbadas y más urbanizadas; y para el Plan Regulador Metropolitano de Concepción es un territorio funcional y jerarquizado (se detallará en el apartado 2.4) que se conforma por 11 comunas aparentemente muy relacionadas que concentran un volumen de población superior a los 500 mil habitantes (Figura 2.1).

En la investigación se decide considerar la delimitación del Plan Regulador Metropolitano de Concepción, que incluye un borde costero de 60 km, comprendidos entre el límite norte de la comuna de Tomé hasta el límite sur de la comuna de Lota, incluyendo en su totalidad a las comunas de: Concepción, Coronel, Chiguayante, Hualqui, Lota, Penco, San Pedro de la Paz, Santa Juana, Talcahuano y Tomé (Gobierno de Chile- Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU, 2003).

Figura 2.1. Localización Área Metropolitana de Concepción



Fuente: Elaborado con datos de división político administrativa del Censo (2002)

El territorio delimitado por el Plan totaliza una superficie de 2.830,40 km² representando el 7,63% de la superficie regional, ocupa la llanura litoral y el sistema forestal montañoso costero. Según el Censo de Población y Vivienda, cuenta con una población de 902.712 habitantes, equivalentes al 48,49% de la población total de la región del Bío-Bío. Posee una altísimo porcentaje de población urbana, representando el 97% de la población, además concentra el 57,31% de la población urbana regional, con una densidad de 318,9 habitantes por km² (INE, 2002).

La población actual reside principalmente en ciudades intermedias emplazadas sobre las planicies costeras a las riberas del río Bío-Bío y la cordillera de la costa: los centros de Concepción y Talcahuano son los principales articuladores urbanos. En general, se caracteriza por ser un espacio eminentemente industrial, cuyas principales actividades económicas son: la industria siderúrgica, petroquímica, portuaria, forestal y la pesca artesanal e industrial; su población económicamente activa (277.327 habitantes) se dedica

principalmente al comercio (19,24%), industrias manufactureras (14,69%), actividades inmobiliarias y empresariales (8,83%), construcción (8,12%) y enseñanza o educación (7,92%).

Las principales actividades económicas y asentamientos urbanos se localizan en la costa, principalmente en el valle del río Bío-Bío, en terrazas fluviovolcánicas, asociadas a depósitos fluviales mezclados con sedimentos de origen volcánico, conviviendo con playas, dunas, acantilados rocosos, áreas de marismas, desembocaduras, humedales, bahías, penínsulas, islas y un golfo, es decir unidades que la hace especialmente vulnerable a la dispersión del crecimiento urbano.

El clima es del tipo mediterráneo templado, con veranos secos y cálidos e inviernos lluviosos y fríos; da lugar a una vegetación donde dominan los matorrales densos y altos, espinales (boldo, peumo y quillay) y bosques esclerófilos en las comunas más meridionales. Los paisajes presentan una topografía de plana a ondulada formada por la acción de los ríos en la cordillera que decae en alturas de norte a sur, formando altas pendientes, cuencas y valles estrechos para el cultivo agrícola.

El desarrollo de las ciudades y principalmente de la conurbación central tiene una estrecha relación con un complejo sistema hídrico que desde el poblamiento pre hispánico por el pueblo “Mapuche” “(Gente de Tierra) fue muy valorado como fuentes de recursos alimenticios y actividades de subsistencia como la pesca, la agricultura y la ganadería. Se destacan el río Bío-Bío con una cuenca andina de 24.029 km² naciendo en las lagunas Icalma y Galletué (Cordillera de los Andes) y desembocando en el Golfo de Arauco, el río Andalién y su cuenca costera y los ecosistemas lénticos como las lagunas Grande y Chica (San Pedro) y las lagunas Redonda, Lo Galindo, Lo Méndez, Lo Custodio y las Tres Pascualas (Concepción), que ya están dentro del radio urbano.

La interrelación entre el soporte físico ambiental y las actividades humanas ha marcado el desarrollo del Gran Concepción desde el principio de la urbanización en la

conquista española. El primer auge fue con la extracción de oro en las riberas del río Bío-Bío, posteriormente la explotación de trigo en el secano costero y en su ribera norte, la explotación de la madera y algunas actividades agropecuarias.

Sin duda el agua proveniente del río Bío-Bío aportó con la principal fuente energética para el desarrollo de la industria o la gran fuerza motriz del Gran Concepción. La industria del carbón fue la pionera, emplazada en la zona costera de Lota y Coronel; contribuyó al desarrollo y amplitud de la red de ferrocarriles y la instalación de servicios pioneros en el país como la electricidad. La dinámica industrial permitió flujos e intercambios que convirtieron el territorio en el polo industrial del país. Básicamente la red industrial se constituía con Lota y Coronel dedicadas a la minería de carbón, Tomé y Chiguayante a la industria textil, Penco a la loza, Concepción al acero y Talcahuano al puerto. Un hito que marca el desarrollo urbano e industrialización del litoral fue la instalación de la siderúrgica de Huachipato en Talcahuano.

Finalmente estos factores desataron la expansión urbana, el incremento de la población producto de las migraciones campo-ciudad y las principales alteraciones ambientales, al ocupar terrenos dunarios, laderas de cerros, humedales y áreas inundables.

3. SOSTENIBILIDAD TERRITORIAL Y PLANIFICACIÓN MÁS SOSTENIBLE

3.1. SOSTENIBILIDAD Y DIRECTRICES PARA LA PLANIFICACIÓN

En la actualidad existe un creciente debate y desarrollo de iniciativas sobre la sostenibilidad de las ciudades. Pero cómo podemos comprenderlas y mejorarlas si no estudiamos su relación con los territorios vecinos. Entendemos que la ciudad es parte de un todo, no es un sistema cerrado, depende de espacio y de recursos externos, impactando directamente en las áreas periurbanas (Diamantini y Zanon, 2000; Folch, 2003; Font, 2003). En gran parte es por ello que el comportamiento de las áreas metropolitanas es relevante, es la unidad más concreta para aproximarnos al estudio de la sostenibilidad territorial de las regiones funcionales.

La sostenibilidad en los espacios urbanos es un concepto más específico proveniente de la aplicación de los principios del desarrollo sostenible a la ciudad, éstos involucran un bienestar económico, calidad ambiental y coherencia social (Böhringer y Jochem, 2007). Por lo tanto, viene bien recordar que el desarrollo sostenible definido por la comisión Brundtland (1987) en el informe “Nuestro Futuro Común”, es el desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para enfrentarse a sus propias necesidades (Gasparatos et al., 2007; Moran et al., 2008; Nourry, 2008). Dentro de esta amplia definición se distinguen dos aproximaciones, mencionadas como *sostenibilidad débil* y *sostenibilidad fuerte* (Nourry, 2008).

La sostenibilidad débil sólo requiere que no descienda la existencia de capital, en esta visión el capital natural no se diferencia del capital humano. En cambio, la sostenibilidad fuerte le da una posición preferencial al capital natural, manteniendo las funciones medioambientales necesarias para la vida de los ecosistemas (Nourry, 2008).

El desarrollo sostenible es un objetivo deseable (Oñate et al., 2002) y aplicarlo al espacio territorial significa un nuevo paradigma del estudio urbano (Lee y Huang, 2007).

Se puede interpretar que los costos ambientales de la urbanización no puedan ser transferidos a las generaciones futuras, se trata de la “*equidad intergeneracional*” (Winchester, 2006), deduciendo que debe existir un equilibrio entre los aspectos ambientales, económicos y sociales, sin degradar el entorno urbano y por ende proporcionen un ambiente saludable para la vida y el trabajo, una infraestructura de abastecimiento y saneamiento satisfactorias, unos servicios adecuados para el desarrollo social y económico y unas relaciones ecológicas equilibradas con los ecosistemas locales y globales, en resumen, una calidad de vida urbana, (Sorensen et al., 2005; González y De Lázaro y Torres, 2005). Desde los aspectos aún más territoriales se ha planteado como el desarrollo que asegure el óptimo y mejor aprovechamiento del recurso suelo (García, 2008) y como un sistema urbano policéntrico equilibrado que evite la desigualdad e ineficiencias que producen las concentraciones de población y recursos económicos, potenciando el desarrollo de ciudades medias y pequeñas a favor de lograr ciudades más competitivas (Comisión Europea, 1999).

Estos aspectos, todavía muy generales, se han explicitados en criterios o condiciones óptimas, a éstos los denominamos como los atributos del territorio más sostenible y en este sentido se ha avanzado más desde la óptica local que de la metropolitana. A pesar que las ciudades son diferentes, existen ciertos puntos concordantes y que se pueden adaptar a la escala de análisis. Por medio de una revisión de los trabajos científicos de Franchini y Dal Cin (2000), Rueda (2002), Generalitat de Catalunya - Universidad Politécnica de Catalunya (2003) y Maestu et al. (2003), se resumen que los atributos de una ciudad sostenible serían:

- Una utilización racional del recurso suelo, tratando de reducir la expansión urbana, promoviendo el reciclaje de tejidos urbanos preexistentes y evitando los desarrollos urbanísticos de baja densidad;
- Una conjunción entre las necesidades de crecimiento y la preservación de valores naturales y culturales;

- Una estructura urbana compacta y abarcable;
- Una ordenación de las actividades que favorezca la proximidad a los ciudadanos y una distribución equitativa de los recursos;
- Un territorio donde se favorezcan las mezclas de grupos sociales, usos de suelo y funciones urbanas.

Estos atributos reflejan una aproximación al modelo de ciudad sostenible, pero de todas formas generan discusión, sobre todo si nos referimos a las externalidades de la ciudad compacta y la residencia en modelos de altas densidades. El modelo compacto difundido en los años 80 en Europa como un modelo más sostenible de ciudad, produce una concentración de las actividades, generando impactos ambientales tales como ruidos molestos y polución; es lo que llaman la paradoja de la ciudad compacta (Carsjens y Ligtenberg, 2006). Así mismo, en Latinoamérica las áreas metropolitanas se están dispersando y los modelos de calidad de vida se asocian a una lejanía del centro y sus problemas y a modelos residenciales de bajas densidades cercanos a zonas naturales.

De todas formas concordamos en que el modelo compacto es el que mejor se ajusta a un modelo más sostenible, es una ciudad densa, continua, multifuncional, heterogénea y diversa en toda su extensión, permite un modelo que concibe un aumento de la complejidad interna, una vida social cohesionada, una economía competitiva, un ahorro del suelo, energía y de los recursos materiales, además de la preservación de los sistemas agrícolas y naturales (Rueda, 2002; Gobierno de España-Ministerio de Medio Ambiente, 2006)

En el caso de las áreas metropolitanas, la medida de su sostenibilidad es un proceso aún más complejo (Crawford, 2007), más cuando todavía no existe una definición concreta de cuáles son los atributos de las estructuras funcionales más sostenibles. Algo se adelantó al referirse al policentrismo como alternativa a un mayor equilibrio y desarrollo de los asentamientos de un espacio metropolitano, aunque también se piensa que puede inducir o es fruto de un modelo más disperso y también más fragmentado.

Ante la creciente preocupación por la salud de las áreas metropolitanas y los avances en las condiciones que permiten optimizarlas es muy interesante investigar en la búsqueda de medidas operativas que permitan diagnosticarlas. En este sentido los indicadores de sostenibilidad parecen ser los que cuentan con el mayor éxito y respaldo de políticos y académicos. En la Cumbre de Rio en 1992 se crea la Comisión de Desarrollo Sostenible, su finalidad es supervisar los avances en el tema, sobre todo el progreso de las Agendas 21. Desde esta iniciativa los indicadores de sostenibilidad se han popularizado a nivel mundial.

En general, resultan muy atractivos para la medición de los avances hacia la sostenibilidad de un territorio determinado, proporcionan información en una forma que facilita la comunicación entre expertos, agentes decidores (toma de decisión) y público en general (Alberti y Susskind, 1996), reflejan uno de los mayores esfuerzos e iniciativas de los asentamientos urbanos para evaluar su progreso hacia el desarrollo sostenible y se han enfocado a la evaluación del balance entre los elementos naturales, artificiales y culturales que determinan la calidad de vida urbana (Ooi, 2005).

El gran desafío que tienen los indicadores de sostenibilidad es consolidarse como métodos válidos. Se les ha cuestionado por ser medidas que sólo sirven para constatar la insostenibilidad del modelo de desarrollo de las ciudades, sin proponer soluciones eficaces y vinculantes (González y De Lázaro y Torres, 2005). También es un problema el cómo concretizar los indicadores más adecuados para un determinado territorio o se necesita construir un sistema apropiado y adaptable a las singularidades del territorio. Para Escolano (2002) no existe un conjunto sistemático de indicadores aceptados para la medida de la sostenibilidad urbana. Y quizás no debe haberlo, porque la diversidad de contextos, tanto territoriales como socioeconómicos, en los que se podrían aplicar obliga a establecer medidas específicas en cada caso. Lo que sí debe haber es una discusión de los conceptos generales, de los componentes de los problemas, de los atributos y criterios de

sostenibilidad y la posible relación entre los mismos a la hora de evaluar los modelos urbanos.

En ese preciso momento es cuando el interés por la planificación más sostenible cobra mayor relevancia, se supone que los principios de sostenibilidad están incorporados desde el inicio del proceso de planificación, que se ha centrado en equilibrar las actuales dinámicas de expansión del crecimiento urbano, que revelan unos patrones con evidentes costos ambientales, sociales y también económicos para los territorios.

En el intento de lograr áreas metropolitanas más sostenibles, el rol de la planificación es importantísimo, su aplicación puede aportar en el control del crecimiento excesivo y desordenado de las ciudades.

El planeamiento territorial en áreas metropolitanas nace como una nueva alternativa de desarrollo para las áreas urbanas y rurales, más si se incorpora el concepto de desarrollo urbano sostenible, es por ello que deber ser participativa. Se entiende que los procesos de difusión y conocimiento de la planificación a todos los niveles puede ser una tarea fundamental en el proceso de formación que hará posible a las generaciones futuras la ejecución de propuestas de sostenibilidad demandadas por una sociedad solidaria, es decir, pasar de la teoría a la práctica en la Planificación Territorial. La existencia de una Planificación Territorial de carácter global es necesaria, siendo clara en sus objetivos generales, para servir de marco de referencia a la planificación local en el largo plazo y vincular en sus actuaciones a todas las administraciones que intervienen en el territorio (Leboreiro, 1999).

Para Forman (2004), quien propone directrices para una planificación metropolitana sostenible, por un lado existe un planeamiento urbano tradicional que pone énfasis en la calidad de vida de la población y promueve un crecimiento inteligente, por otro un planeamiento conservacionista pone el acento en la naturaleza y los sistemas naturales en los que vive y de los que depende la población; pero no se encuentran modelos que prevean una naturaleza y unos recursos naturales viables y sostenibles en

torno a las ciudades. Afirmar que es necesario un nuevo planteamiento estratégico que armonice ambas partes, la población y la naturaleza. Para Ezquiaga (1998) el planeamiento ha perdido su legitimidad social como instrumento racionalizador de las políticas territoriales y expresión del interés público. Ante ello propone que debe refundarse con nuevas hipótesis: armonizar las técnicas urbanísticas con la complejidad e indeterminación de la realidad urbana y territorial, expresión de la responsabilidad intergeneracional sintetizada en el concepto de desarrollo sostenible, como marco de armonización o concertación de los intereses plurales presentes en la ciudad y como derecho y garantía de los ciudadanos en relación con el futuro de su medio ambiente y los riesgos.

En concreto, con su aplicación directamente se puede mejorar la eficiencia del desarrollo de las actividades económicas, la calidad de vida de los habitantes, la calidad del diseño urbano y la preservación del medio ambiente (Ascher, 2004).

Por último y como parte de las iniciativas de incorporar los principios de desarrollo sostenible o como plantea Oñate et al. (2002) el concepto de sostenibilidad, ha surgido la Evaluación Ambiental Estratégica (en adelante EAE) cuyo objetivo es determinar los posibles efectos ambientales, sociales y para la salud de un proyecto (Del Fávero y Katz, 1996), minimizando los negativos y maximizando los positivos (Jiricka y Pröbstl, 2008). Este concepto nace a partir de la evolución de la evaluación de impacto ambiental (en adelante EIA), más orientada a proyectos individuales; aunque está es ampliamente reconocida como la herramienta para la protección del medio ambiente, con la EAE se trata de lograr una herramienta más integradora y de mayor consenso, mediante dos enfoques, por un lado, trata de superar las insuficiencias del evaluación de impacto ambiental, evaluando desde los niveles más tempranos en el proceso de toma de decisiones; por otro, enfatiza en los efectos que las limitaciones y oportunidades del medio pueden ejercer sobre las opciones de desarrollo sostenible (Oñate et al., 2002).

La EAE tiene como desafío integrar adecuadamente el resto de las dimensiones del desarrollo sostenible y que éste pase de ser un objetivo deseable a uno alcanzable y práctico, por el momento incorporando el medio ambiente en las políticas, planes y programas (Oñate et al., 2002). Sin duda este instrumento, aplicado a los planes de desarrollo territorial metropolitano, permite evaluar la dimensión ambiental y la incorporación de criterios de sostenibilidad en el modelo de desarrollo propuesto por la planificación.

3.2. EL INSTRUMENTO DE PLANIFICACIÓN METROPOLITANO DE CONCEPCIÓN

Antes de detallar el modelo específico de planificación del AMC es conveniente revisar algunos aspectos de la normativa urbana vigente en Chile. En primer lugar la planificación urbana es el proceso que se efectúa para orientar y regular el desarrollo de los centros urbanos en función de una política de desarrollo socio-económico establecida en la Ley General de Urbanismo y Construcciones (Gobierno de Chile, 1975). Ésta, por medio de una Ordenanza General, regula el proceso administrativo de planificación, urbanización, diseño y construcción, siendo Ministerio de Vivienda y Urbanismo (en adelante MINVU) quien sugiere las modificaciones y la aprobación de los planes territoriales a distintas escalas.

El objetivo principal del Estado es alcanzar en los asentamientos humanos, niveles adecuados y crecientes de habitabilidad básicamente en tres aspectos: las construcciones, la subdivisión predial y el espacio urbano (Gaete, 2003). Operativamente la planificación se realiza en cuatro niveles: nacional, regional, intercomunal y comunal; contando cada una con un instrumento específico (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Instrumentos y Escalas de Planificación

Escala	Institución ejecutora	Instrumento de Planificación
Nacional	MINVU	Ordenanza Comunal
Regional	Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo	Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU)
Intercomunal (Metropolitana)	Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo	Plan Regulador Intercomunal o Plan Regulador Metropolitano (PRI)
Comunal	Municipalidades	Plan Regulador Comunal (PRC)

Fuente: Ley General de Urbanismo y Construcciones (Gobierno de Chile, 1975)

De las escalas de planificación, nuestro interés se centra en la intercomunal que pasa a ser metropolitana si el área urbana a planificar sobrepasa los 500.000 habitantes. El Plan Regulador Intercomunal o Plan Regulador Metropolitano cuenta con reglas específicas detalladas en la normativa denominada Circular N°56, que recomienda un horizonte o vigencia de treinta años, eso sí consultando un sistema de revisión y de actualización periódica (Gobierno de Chile, 2005).

En general, su objetivo es regular el desarrollo físico del territorio, garantizando la unidad entre las comunas; promoviendo un “desarrollo hacia adentro”, que involucre potenciar la renovación y rehabilitación de áreas subutilizadas, generar una estructura de centros de equipamientos de distinto alcance, un sistema de espacios públicos que constituyan espacios sociales de encuentro e interrelación en cada uno de los núcleos, fortaleciendo la vida de los barrios. En resumen, un instrumento para contribuir a lograr mejores ciudades, no sólo una herramienta para restringir y prohibir la utilización del suelo. Las indicaciones dispuestas en el Plan regulan todo el territorio, incluyendo las ciudades que no dispongan de instrumentos de planificación urbana comunal o local (Plan Regulador Comunal), de hecho el gran desafío de la planificación metropolitana es lograr la articulación vertical de las competencias comunales, provinciales y regionales. En este sentido se ha propuesto como solución el principio de la subsidiaridad territorial, que significa que no se entregará la responsabilidad de un tema a un nivel superior de la administración si el nivel inferior es capaz de resolverlo (Arenas, 2005).

El instrumento también debe acogerse a la Ley de Bases del Medio Ambiente y al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental vigentes desde el año 1994 (Gobierno de Chile-Comisión Nacional del Medio Ambiente, 1994). Con el sistema se verifica si el proyecto genera efectos negativos en el ambiente; y si genera alguno, debe establecer las medidas apropiadas para mitigarlos.

En definitiva, según Gaete (2003) los planes aplicables a las áreas metropolitanas funcionan bajo un buen soporte legal, institucional y organizacional, aunque recomienda que deben concentrar más esfuerzos en alcanzar objetivos sociales como: revalorizar los espacios públicos, fortalecer la coordinación entre instancias y entre niveles territoriales de acción y capacitar a los funcionarios en técnicas instrumentales y de análisis de información.

En cambio para Arenas (2005), la planificación urbana Chilena también se encuentra en el dilema de responder a ciertas variables que impiden que sea una política eficiente y que responda a las nuevas formas y crecimientos de la ciudad, en ello influyen ciertas contradicciones e implicancias relevantes, como la influencia del mercado inmobiliario en materia de suelo urbano, una planificación extremadamente centralista, instrumentos con una gran dispersión institucional, de los cuales muchos no obedecen a una política global con una falta de nitidez respecto de las responsabilidades para cada nivel de la administración (nacional, regional, provincial y comunal), que no permite que se desplieguen en plenitud, los beneficios de la articulación vertical.

El Plan Regulador Metropolitano de Concepción (en adelante PRMC) aprobado el año 2003, tiene la particularidad de gestarse mientras el área va cambiando, incluso la comuna de Hualpén no es reconocida como tal, ya que su creación corresponde a marzo de 2004 y es el marco de referencia para los planes reguladores comunales. Al momento de su aprobación existían dos reguladores intercomunales, nueve reguladores comunales, cinco seccionales y dos límites urbanos, representando 454 km², la nueva normativa alcanza los 2.830 km² (PRMC, 2003).

Los objetivos¹ del Plan son:

- Regular el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales del sistema intercomunal;
- Garantizar la unidad y continuidad entre los elementos que estructuran a comunas adyacentes;
- Velar por la coherencia entre sus distintas partes;
- Entregar un marco de referencia estable para evaluar y concretar inversiones de interés para la comunidad;
- Procurar el desarrollo sustentable del AMC.

El instrumento además cuenta con objetivos de dos clases: *institucionales e instrumentales*.

Los institucionales, a cumplir por la Secretaria Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo, son:

- Contar con un instrumento de planificación urbana de nivel intercomunal, que facilite la coordinación intersectorial en materias territoriales inherentes a su área de cobertura;
- Focalizar, orientar o guiar la confección y/o la actualización de los planes reguladores comunales del área intercomunal de planificación urbana que abarca;
- Facilitar las interpretaciones que se le soliciten a la Ley y/o de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y que sean atinentes al territorio intercomunal;
- Servir de base técnica a los arbitrajes y/o a los informes técnicos que le competen con respecto a la ocupación y al uso del suelo intercomunal y;

¹ Los objetivos se presentan tal cual se encuentra descritos en la memoria explicativa del plan (SEREMI – MINVU, 2003).

- Dar origen, operar y mantener un sistema de información territorial que sea propio del PRMC, y que facilite su aplicación comunal y su oportuna puesta al día o actualización.

En general se aprecia una tendencia a dar más importancia al rol del Plan como agente articulador de la escala intercomunal y comunal, potenciándose como instrumento de referencia para la planificación local. Esta es una de las contradicciones a las que se refiere Arenas (2005), ya que al existir muchas competencias sobre un mismo territorio, al final no se sabe si el área metropolitana se concibe como un todo o es la suma de un conjunto de comunas.

Los objetivos instrumentales a cumplir por agentes como los sectores de gobierno o los municipios de las comunas que regula se clasifican en *generales y específicos*, siendo interesante mencionar que se expresan territorialmente en un mapa.

Los objetivos instrumentales generales son:

- Optimizar el uso del suelo urbano para el mejor aprovechamiento de la infraestructura y del equipamiento existente;
- Proteger el medio ambiente y los recursos naturales;
- Procurar que el crecimiento en extensión de los centros poblados se oriente hacia aquellos lugares con mejores condiciones de habitabilidad;
- Incorporar una forma de zonificación territorial que sea coherente con el desarrollo previsible que sustenta al sistema urbano intercomunal;
- Optimizar la accesibilidad física entre las diversas zonas y lugares del sistema urbano intercomunal, y de cada uno de ellos con el resto de la región.

Los contenidos de los objetivos instrumentales específicos son:

- Articular el poblamiento actual de la intercomuna como un sistema nodal de asentamientos humanos diferenciados por su respectiva identidad;
- Configurar la red vial estructurante de la intercomuna de modo de optimizar el buen funcionamiento de las ciudades-puerto con que cuenta;
- Localizar, delimitar y establecer las normas urbanísticas y las condiciones de construcción de las áreas de extensión urbana de nivel intercomunal, que puedan ser adscritas a los centros urbanos de Dichato, Rafael, Tomé, Punta de Parra, Penco, Talcahuano, Concepción, Chiguayante, Hualqui, Santa Juana, San Pedro de la Paz, Coronel, Lota y Colcura, y en consonancia con ello, identificar y definir el Límite Urbano Metropolitano;
- Localizar y delimitar las áreas especiales, es decir, las áreas de restricción, las áreas de protección, las áreas de interés silvoagropecuario, las áreas de valor o interés natural y/o de potencial turístico;
- Macrozonificar todo el territorio, normar su área urbana metropolitana, y graficar a gran escala las actividades de ocupación y uso del suelo que correspondan al área rural metropolitana;
- Establecer criterios intercomunales explícitos para localizar las actividades de ocupación y uso del suelo;
- Precisar las prioridades y sus consecuentes y respectivos requisitos de gestión y planificación urbana y ambiental.

Estos últimos requisitos de gestión están muy relacionados con la funcionalidad del área metropolitana como elemento fundamental y articulador del territorio, los aportes del plan van muy ligados a mejorar la accesibilidad entre los centros poblados.

Los objetivos no han sido planteados desde el papel de la sostenibilidad en la planificación, es decir, ningún objetivo se refiere a una planificación metropolitana más

sostenible o a directrices para los planes locales. Sin embargo, hay un gran interés conseguir un área metropolitana más sustentable y en este sentido la visión desde las características físicas del territorio, reconociendo un área de protección y riesgo es un aporte fundamental.

Como ya se ha apuntado la expresión territorial de las políticas del Plan básicamente se presenta en un mapa de zonificación metropolitana. Su finalidad es fortalecer y valorar las potencialidades físicas y la especialización socioeconómica del territorio, es decir, potenciar los roles y vocaciones de las comunas en el contexto metropolitano, facilitando el funcionamiento integral (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Roles Comunales

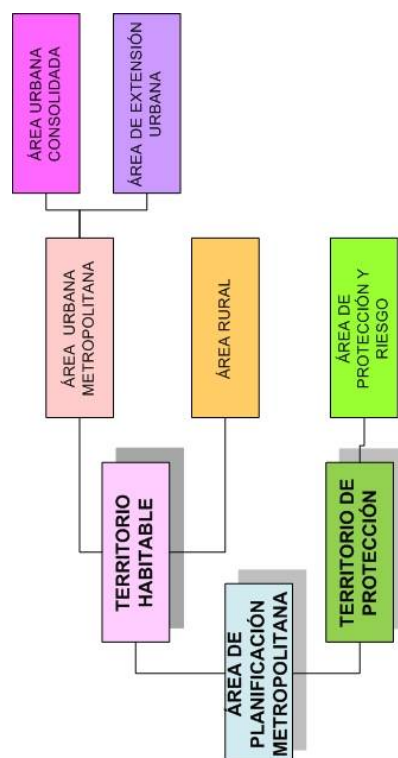
Centro Urbano	Roles Primarios	Roles Secundarios
Tomé	Turístico, Pesquero, Equipamiento y Servicios Públicos y Sociales	Comercial e Industrial
Penco	Portuario, Comercial, Residencial	Turístico, Equipamiento y Servicios, Pesquero, Industrial
Concepción	Político-Administrativo, Equipamiento y Servicios, Comercial	Centro de Distribución y Almacenamiento, Residencial
Chiguayante	Residencial	Equipamiento y Servicios
San Pedro	Equipamiento y Servicios, Residencial	Industrial
Talcahuano	Portuario, Pesquero e Industrial	Comercial, Residencial Equipamiento y Servicios
Hualqui	Silvoagropecuario, Turístico y Residencial	Centro de Distribución y Almacenamiento
Coronel	Industrial y Portuario	Residencial, Equipamiento y Servicios
Lota	Pesquero, Residencial y Turístico	Equipamiento y Servicios, Comercial y Portuario
Santa Juana	Silvoagropecuario y Residencial	Equipamiento y Servicios y Turístico

Fuente: Memoria Explicativa PRMC (Gobierno de Chile-Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU, 2003)

Como se aprecia en la figura 3.1, la zonificación propuesta distingue un área de planificación metropolitana diferenciada en un espacio habitable y uno de protección. El habitable se divide en dos tipos: un área urbana y rural; a su vez el área urbana se subdivide en urbana consolidada y de extensión urbana. El límite de protección corresponde a un área de protección y riesgo. En cuanto a los límites el área urbana consolidada más el área de extensión conforman el límite urbano metropolitano, por ende el resto del territorio es el área rural o límite rural (Figura 3.1 y 3.2).

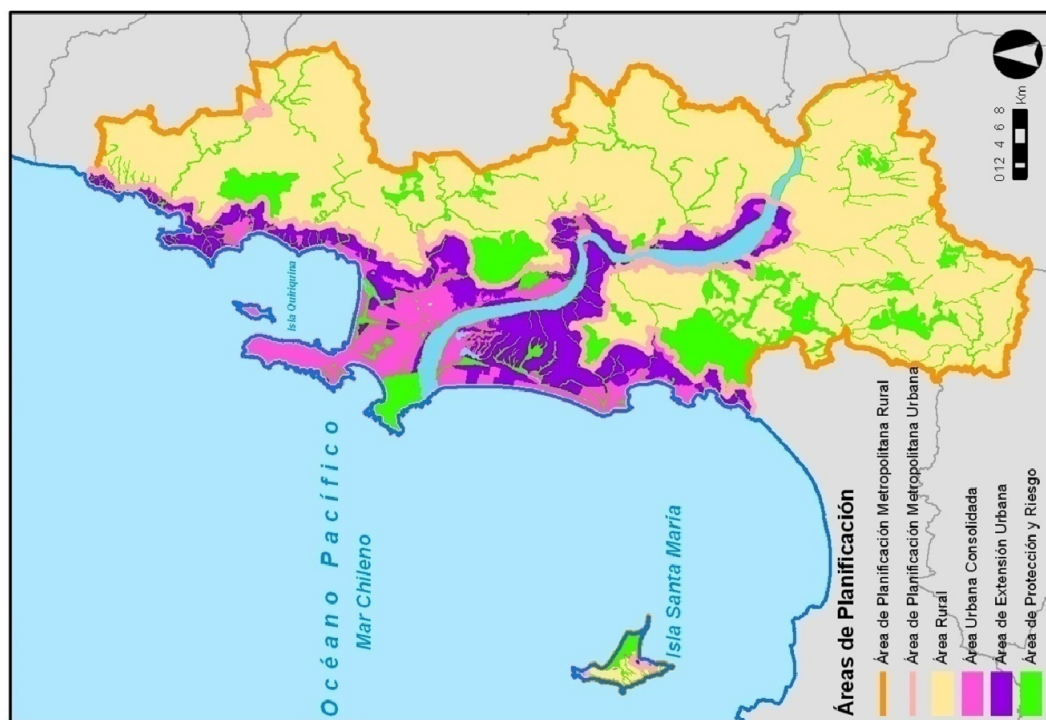
El área urbana consolidada (22.504 ha - 8,47%) acoge el crecimiento de la población urbana y sus actividades; el área de extensión urbana (31.381 ha - 11,82%) está destinada acoger el crecimiento futuro y se emplaza entre los límites urbanos comunales y el límite urbano metropolitano. Las áreas de protección y riesgo (43.981 ha - 16,57%) pueden localizarse en cualquiera de las dos anteriores y es la que conserva los espacios de valor natural y restringe los peligrosos a la urbanización. El área rural metropolitana (167.533 ha - 63,12%) está ubicada fuera del límite urbano metropolitano y representa un territorio especialmente destinado al desarrollo de actividades agrícolas, forestales, mineras y turísticas; está compuesto por pequeños poblados como aldeas, villorrios, asentamientos mineros, fundos y comunidades agrícolas entre otros (Figuras 3.1 y 3.2).

Figura 3.1. Estructura Áreas de Planificación



Fuente: Ambas figuras fueron elaboradas con datos del PRMC (2003)

Figura 3.2. Mapa de Áreas de Planificación



Las áreas presentadas corresponden a la macro zonificación. A continuación, se presenta la subdivisión específica de éstas.

El **área urbana consolidada** se clasifica en:

- Zona Habitacional Mixta (ZHM): uso habitacional, con presencia de variado equipamiento y usos de suelo como el industrial y los talleres inofensivos.
- Zona Industrial (ZI): uso exclusivo de actividades productivas, como la industria, el almacenamiento y los talleres. La industria peligrosa se permite sólo en aquellas zonas donde ya existe, no se permiten nuevas instalaciones en el área urbana.
- Zona de Almacenamiento, Acopio y Bodegaje (ZAB): se destina a concentrar la infraestructura de apoyo a la actividad productiva.
- Zona de Equipamiento Metropolitano (ZEM): grandes equipamientos de nivel e infraestructura de apoyo a las actividades urbanas de nivel intercomunal como son cementerios, grandes instalaciones deportivas, cárceles, campus universitarios, centros de servicios financieros, comerciales, telepuertos, etc. Las zonas de equipamiento metropolitano que se dividen en: zona de equipamiento de cementerio, de deportes, de cárcel, de campus universitario, de recreación, de de comercio y servicios y de parques metropolitanos.
- Zona de Asentamiento Costero (ZAC): espacios de borde costero ocupados por caletas de pescadores.
- Zona Turística Borde Costero (ZTBC): borde costero que por sus características geomorfológicas, por su paisaje, y eventualmente por otras potencialidades, constituyen un recurso turístico.
- Zona de Interés Institucional (ZII): territorios bajo la tenencia, tuición y dominio de la Armada de Chile, y que están destinadas a sus fines institucionales propios.

- Zona de Interés Patrimonial (ZIP): lugares que por su valor cultural, histórico, científico o arquitectónico, requieren preservar su carácter e importancia patrimonial.
- Zona de Terminal de Transporte (ZTT): se ubican los terminales de transporte aéreo, marítimo y terrestre de nivel regional, nacional e internacional.

El **área de extensión metropolitana** se clasifica en:

- Zona de Extensión en Pendiente (ZEP): laderas de cerros, en las que, por su topografía y pendientes, valor paisajístico, importancia estructural en la definición de las áreas urbanizables e identidad propia del área metropolitana, no se permite el desarrollo urbano intensivo, con el fin de preservar sus atributos.
- Zona de Extensión Habitacional Mixta (ZEHM): terrenos no-urbanizados destinados al crecimiento urbano para el uso habitacional con la presencia de variado equipamiento complementario.
- Zona de Extensión Habitacional Preferente (ZEHP): destinadas al crecimiento urbano mediante el uso habitacional preferente, sin la presencia de industria y talleres de ningún tipo.
- Zona de Desarrollo Condicionado (ZDC): zonas que por su tamaño, emplazamiento, distancia, accesibilidad y carencia de infraestructura urbana, están destinadas a absorber el crecimiento urbano de largo plazo o antes, siempre que se habiliten para ello.

El **área de protección y de riesgo** se clasifica en:

- Zona de Valor Natural (ZVN): espacios con especiales características físicas, de paisaje y vegetación, que se deben preservar y proteger, como por ejemplo el Santuario de la Naturaleza de Hualpén, algunos cerros-islas, bosques nativos y áreas con presencia de flora autóctona o acuíferos con importancia ambiental, humedales y cuencas hidrográficas.

- Zona de Acantilados Marinos (ZAM): borde costero en el que, por sus características geomorfológicas, ambientales y de riesgo natural, se restringe su uso urbano.
- Zona de Playas (ZPD): playas que debido a su valor paisajístico, potencial de uso e importancia ambiental, requieren ser reguladas en forma especial. También aquí el uso urbano está restringido.
- Zona de Drenaje (ZD): áreas excluidas del desarrollo urbano. Están destinadas a proteger el normal escurrimiento y/o la evacuación de las aguas superficiales. Su función substancial es la evacuación, el escurrimiento, la absorción y la regulación de las aguas de lluvia. En estas zonas no se permiten construcciones.

El **área rural metropolitana** se clasifica en:

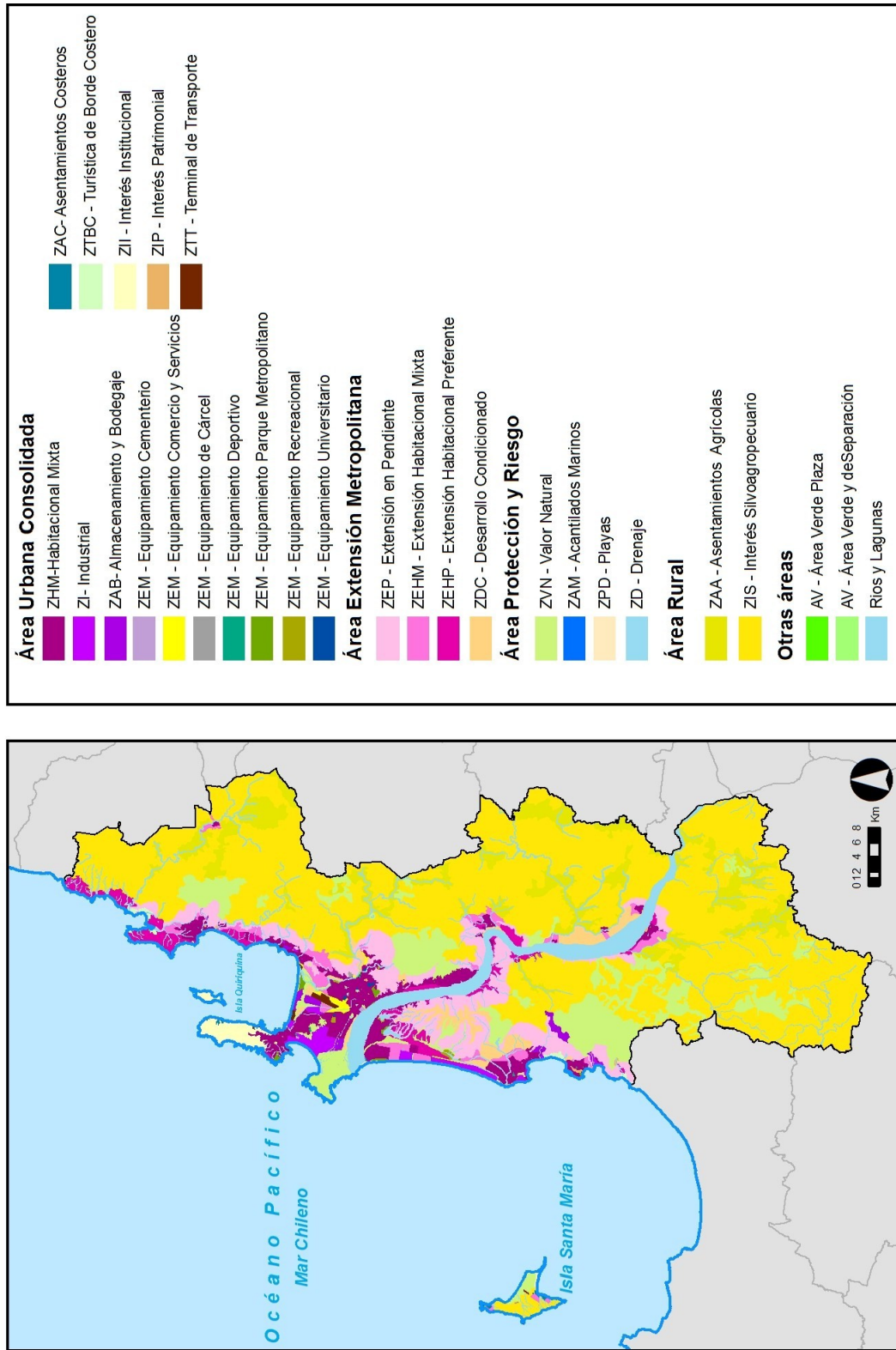
- Zona de Asentamiento Agrícola (ZAA): áreas rurales que cuentan con asentamientos humanos consolidados de baja densidad; incluyen sus respectivas áreas de expansión rural, se permite el uso habitacional, de equipamiento de nivel local, y de actividades productivas inofensivas de pequeña escala.
- Zona de Interés Silvoagropecuario (ZIS): territorios de aptitud silvoagropecuaria. Excepcionalmente, en esta zona se pueden localizar algunas actividades excluidas del área urbana metropolitana, como industrias peligrosas, vertederos y otras.

Como se mencionó anteriormente, el plan es el referente para la planificación local, por tanto la zonificación tiene una implicancia y responsabilidad considerable en la elaboración de los nuevos reguladores comunales. Desde su puesta en marcha y según el informe del programa de instrumentos de planificación territorial del año 2006, se han actualizado cinco planes (Concepción, Chiguayante, Lota, Santa Juana y Talcahuano), cinco comunas se encuentran en fase de actualización (Coronel, Hualquí, Penco, San Pedro y Tomé) y sólo la comuna de Hualpén no cuenta con planificación urbana.

En un trabajo anterior referente al plan regulador de Tomé, se comprueba que éste sigue la zonificación metropolitana, definiendo grandes áreas y zonas de planificación del uso del suelo, la gran modificación que introduce es delimitar un área de extensión urbana menor a la definida por el PRMC (Rojas Quezada et al., 2006 y 2008).

Como observación final se destaca que la zonificación del uso del suelo (Figura 3.3) no es la única expresión territorial de Plan. Este también se pronuncia sobre la vialidad metropolitana, estructurándola en vías expresas, vías troncales, vías colectoras y vías de interés inter comunal y ciclo vías. Este mapa, así como la zonificación, pueden visualizarse en el portal que ha implementado el MINVU para la consulta ciudadana. La información está organizada en un servidor de datos o GISWEB, que permite consultar y visualizar los contenidos del PRMC. En este portal la población puede interactuar directamente con la planificación del suelo y consultar la zonificación específica y su delimitación (<http://www.observatoriourbano.cl/lpt/index.htm>).

Figura 3.3. Zonificación del Uso del Suelo



Fuente: Elaborado con datos del PRMC (2003)

SEGUNDA PARTE

**LA SOSTENIBILIDAD DEL MODELO TERRITORIAL METROPOLITANO REAL Y
PLANIFICADO**

Capítulos

- 4. Análisis de los Patrones y la Morfología del Crecimiento Urbano
 - 5. Análisis de la Estructura Funcional de los Centros Urbanos
 - 6. Valoración de la Sostenibilidad del Modelo Territorial
 - 7. Valoración Ambiental de la Sostenibilidad del Modelo Planificado
-

4. ANÁLISIS DE LOS PATRONES Y LA MORFOLOGÍA DEL CRECIMIENTO URBANO

PRESENTACIÓN

Las áreas metropolitanas como espacios complejos y dinámicos son un interesante objeto de estudio para el análisis de las formas de crecimiento urbano, más aún cuando el debate sobre la sostenibilidad de las áreas urbanas también se ha centrado en las formas, ya sean compactas o dispersas. En el presente capítulo y a modo de diagnóstico se evalúa el crecimiento urbano del AMC, poniendo énfasis en el análisis de la forma urbana resultante. En primer lugar, utilizando imágenes satelitales, se obtienen las superficies urbanizadas cuyo crecimiento se explican principalmente por el aumento de la población. Posteriormente las formas de los polígonos urbanos son analizadas por medio de la aplicación de índices espaciales calculados en Sistemas de Información Geográfica (en adelante SIG). Para el análisis de la sostenibilidad del AMC es relevante aproximarse a comprender las nuevas tendencias de crecimiento urbano y sobre todo, si manifiestan una mayor complejidad y dispersión del territorio.

4.1. INTRODUCCIÓN

Comprender el crecimiento urbano es, sin duda, una de las preocupaciones fundamentales de los planificadores; controlarlo es un desafío y procurar que sea sostenible es un compromiso con la sociedad, debido a los costos ambientales y sociales que genera. La expansión urbana adopta diferentes formas en la ciudad, generalmente se ha descrito entre lo disperso y lo compacto. Hoy en día mucho se habla y se discute del crecimiento disperso y compacto, de los modelos de ciudades y los contrastes entre las metrópolis mediterráneas y norteamericanas (Ducci, 1998; Huang et al., 2007). Cuando el crecimiento desborda los límites administrativos se producen fenómenos físicos como las aglomeraciones o conurbaciones urbanas, a menudo este criterio morfológico tiende a conducir a la formación física de un área metropolitana.

Los asentamientos del AMC se han desarrollado en la zona costera, teniendo como punto central el curso inferior del río Bío-Bío. Su urbanización y crecimiento siguió el modelo de cuadrículas (Plano Damero), es decir expandiéndose alrededor de las manzanas centrales, tendiendo a una forma compacta pero también a la *mancha de aceite*¹. Las actuales dinámicas relacionadas con los modelos de ocupación de suelo hacen suponer que las ciudades están cambiando su antiguo patrón y tienden a dar paso a nuevas formas.

Los nuevos modelos de crecimiento urbano tienden a dispersarse y este fenómeno se estudia y resume muy bien con la identificación de las dimensiones del *urban sprawl*, probablemente la aportación conceptual más importante y más citada se

¹ Ducci, M E (1998) explica que el término *mancha de aceite* se utiliza cuando el crecimiento urbano se da no necesariamente en forma continua, pero los espacios intermedios se van llenando de la misma forma como lo hace una gran mancha de aceite al crecer, que tiende a unir las distintas gotas más pequeñas que la rodean.

refiera a las ocho dimensiones que mencionaron Galster et al. (2001) éstas son: *density*, *continuity*, *concentration*, *clustering*, *centrality*, *nuclearity*, *mixed uses* y *proximity*; éstas dimensiones facilitaron la investigación sobre las causas y consecuencias del *sprawl*, que lo definen como una condición que caracteriza a un área urbana en un momento determinado. Las ocho dimensiones representan las características a medir en un área, deteniéndonos estrictamente en la forma, parece adecuado medir la continuidad espacial.

En este sentido una nueva corriente de investigación se ha dedicado a profundizar el análisis de la forma de las manchas, mediante la aplicación de índices comúnmente utilizados en ecología del paisaje y por supuesto utilizando SIG (Shen, 2002; Wei et al., 2006; Zhu et al., 2006; Huang et al., 2007). Especial interés cobra el estudio de Huang et al. (2007), quienes introducen más elementos relacionados a la forma como *complexity*, *centrality*, *compactness* y *porosity*.

El presente capítulo pretende cumplir el primer objetivo específico de la tesis (apartado 1.2) por medio de la obtención de la expansión urbana en un período determinado y a través de sus resultados conocer los patrones de crecimiento de las formas urbanas.

Con el progreso de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) se abren grandes oportunidades para el análisis y comprensión de los rápidos procesos de urbanización, en este sentido las técnicas de teledetección y SIG permiten supervisar los distintos cambios que sufre el territorio, a su vez, el creciente desarrollo y puesta a disposición de nuevas herramientas e imágenes de satélite de forma gratuita lo facilita ampliamente. Ante la ausencia de datos geográficos u oficiales actualizados de los polígonos urbanos, el método incorpora un modelado de la expansión con la utilización de imágenes de satélite Landsat, obteniendo formas urbanas cuantificables. Los incrementos se explican con un modelo estadístico de regresión y el análisis morfológico se realiza con el cálculo de índices espaciales de ecología del paisaje.

El capítulo se organiza en los siguientes tres apartados, de los cuales, el primero trata de aspectos metodológicos y los dos últimos se refieren a la descripción del crecimiento con variables explicativas y análisis de los patrones por medio de las formas de expansión.

Los aportes del trabajo apuntan principalmente a comprender los patrones y formas de crecimiento, es decir la estructura física del crecimiento metropolitano, por medio de la aplicación de un método para modelar espacial y temporalmente la expansión urbana utilizando herramientas de sensores remotos y SIG.

4.2. METODOLOGÍA

4.2.1. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS URBANAS

Las técnicas de teledetección ofrecen una poderosa herramienta para los estudios de ámbito urbano, principalmente porque por medio de sus métodos se pueden identificar las coberturas de suelo. La utilización de técnicas sobre las imágenes satelitales ayuda extraer las superficies y formas urbanas, al respecto entre las más utilizadas se encuentran la clasificación supervisada *maximun likelihood* (Wei et al., 2006; Huang et al., 2007; Jat et al., 2008) y el análisis de componentes principales (Chae et al., 1997; Li y Yeh, 1998).

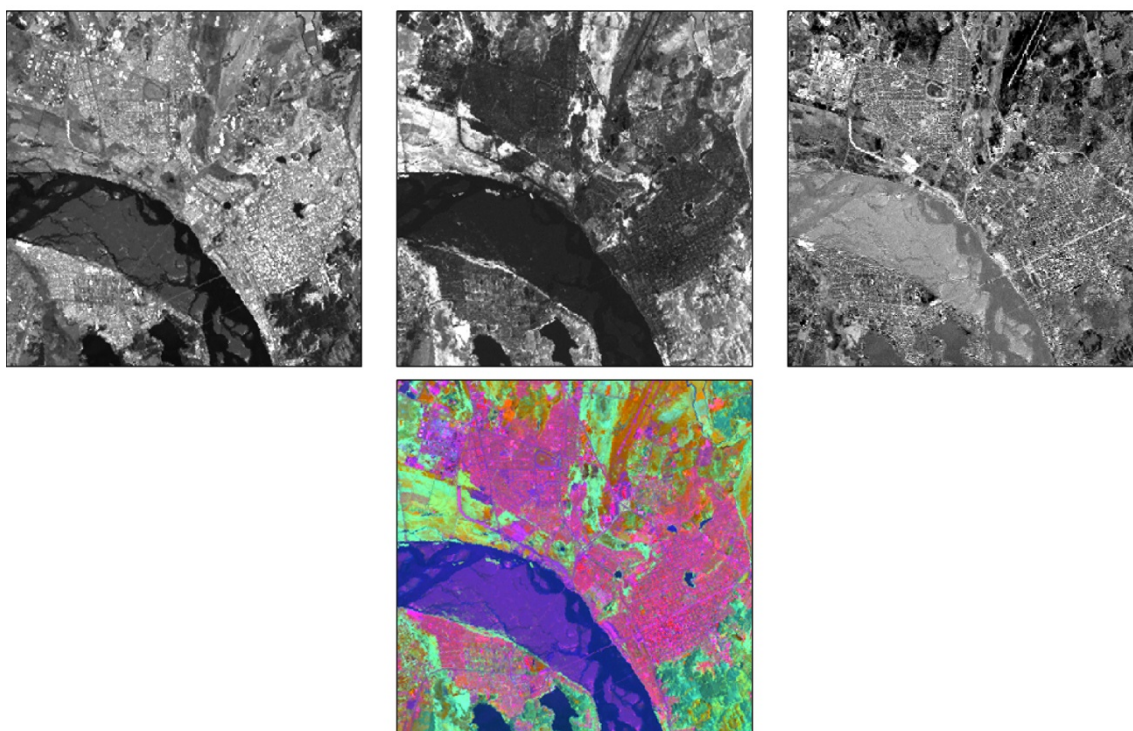
En el presente estudio se utilizan cuatro imágenes ortorectificadas Landsat (path 001/row 085 – del 22 de enero de 1990; path 001/row 086 – del 22 de enero de 1990; path 001/row 085 – del 18 de enero de 2000; path 001/row 086 – del 22 de diciembre de 2001) que cubren completamente el AMC. Estas imágenes se descargaron gratuitamente a través del servidor Global Land Cover Facility (<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080>) habilitado por el Departamento de Geografía de la Universidad de Maryland (USA); las fechas seleccionadas corresponden a las más cercanas al período censal. Las imágenes de 1990 provienen del sensor *Thematic*

Mapper (TM) con una resolución espacial de 30 m, las imágenes de 2000 y 2001 fueron captadas por el sensor *Enhanced Thematic Mapper* (ETM+) de resolución 30 m.

El área de estudio es el límite del AMC (capítulo 2), por tanto para cubrir esta superficie se realizó una unión entre las imágenes del path 001/row 085 y path 001/row 086, generándose dos mosaicos, uno para el año 1990 y otro para el 2001. El sistema de referencia espacial utilizado en el estudio es UTM (WGS84, zona 18S).

Después de la revisión de las metodologías más utilizadas, se decide realizar el análisis de componentes principales (CPA), el cual ya ha mostrado resultados satisfactorios en la capacidad de discriminación de superficies urbanas (Chae et al., 1997; Li y Yeh, 1998). La transformación por componentes principales es una técnica que concentra la información espectral de las bandas originales en un nuevo conjunto de imágenes menos correlacionadas entre sí, lo que facilita la discriminación de distintas superficies. En este caso, los resultados obtenidos indican que el primer componente retiene en mayor medida la información concerniente al área urbana, el segundo la vegetación y el tercero el agua. Posteriormente, utilizando estas tres bandas (Figura 4.1) se realizó una clasificación no supervisada de tipo *Isodata* (*iterative self-organizing data analysis technique*), obteniendo 16 clases. Esta técnica ha sido utilizada en la extracción de áreas urbanas con buenos resultados (Martinuzzi et al., 2007; Yu y Ng, 2007). A continuación se revisaron las clases obtenidas utilizando como apoyo la capa de usos de suelo 1:50.000 elaborada por la corporación nacional forestal (CONAF) en 1998, una verificación en campo (campaña noviembre 2007) y la interpretación visual de la imagen satelital (RGB – 7-4-1). Con estos procedimientos se reclasificó la imagen en dos clases: urbano y no urbano.

Figura 4.1. Imágenes de Componentes Principales año 2001. Arriba CP1, CP2 y CP3, abajo Composición en color donde se aprecia en tonos rosas el área urbana construida



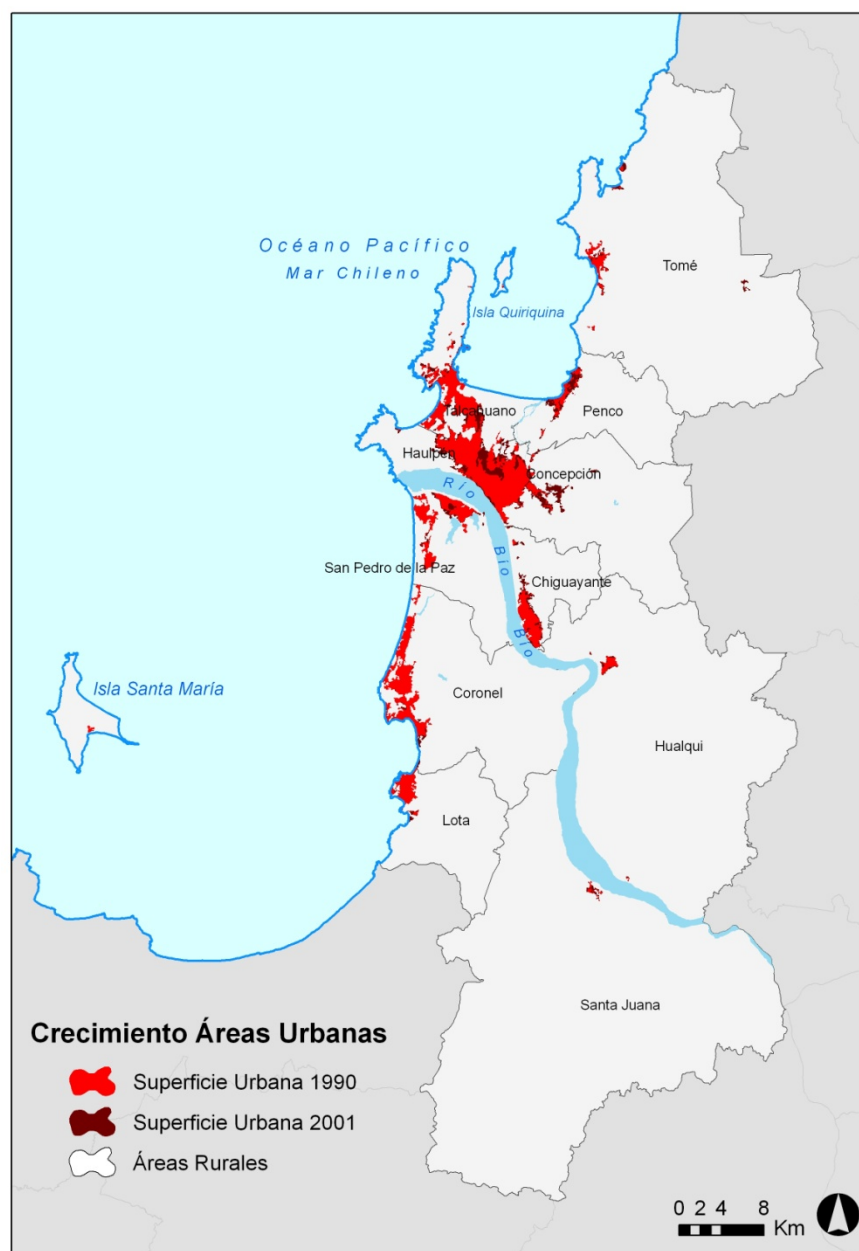
Las áreas urbanas obtenidas fueron filtradas para reducir el efecto de *sal y pimienta*, posteriormente se revisaron visualmente los perímetros y se decidió eliminar los mal clasificados, especialmente en el área del río Bío-Bío, donde la confusión con arenas fue muy marcada y evidente. En este sentido identificar las áreas es un proceso complejo, que se acentúa con la heterogeneidad en la respuesta espectral de este tipo de superficie, resultando bastante complicada su discriminación. Además de no poseer una respuesta consistente, las áreas urbanas muestran gran confusión con otros tipos de coberturas (Small, 2002).

Todos los procesos aplicados sobre la imagen se realizan en el software PCI Geomatics, obteniendo como resultado final una imagen para cada período evaluado, que fueron importadas y vectorizadas en ArcGIS 9.2. (Figura 4.2).

Una vez vectorizadas perfectamente podemos calcular las superficies urbanas por comuna, sus respectivos incrementos, sus áreas y sus perímetros. Los incrementos se explican con la aplicación de un modelo de regresión múltiple o método estadístico

apropiado para estos casos con resultados satisfactorios (Jat et al., 2008). El método permite por medio de un conjunto de variables explicar el cambio en otra, por tanto se seleccionan factores a menudo relacionados con el crecimiento urbano comprobando si tienen incidencia en su aumento. Se utiliza la ecuación $Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n + \varepsilon$; donde Y es la variable dependiente, es decir el crecimiento urbano, X las variables independientes o explicativas y b los coeficientes de la ecuación. Para su cálculo se utiliza el software estadístico SPSS15.

Figura 4.2. Crecimiento Urbano 1990 – 2001



4.2.2. ANÁLISIS DE LA MORFOLOGÍA DE LAS MANCHAS

El segundo enfoque metodológico es el análisis de la forma de las manchas resultantes, en este sentido se aplican dos indicadores cuantitativos y representativos de la forma. Estos indicadores espaciales generalmente se utilizan en ecología del paisaje y se basan en la relación entre el área y el perímetro de la mancha, considerando la circunferencia como la forma perfecta. Por tanto antes de su aplicación sabemos que:

$$P = 2\pi r; A = \pi r^2 \text{ y } r = \frac{P}{2\pi}$$

Dónde P es el perímetro de la forma, A es el área y R el radio de una circunferencia. Se decide aplicar índices que apunten al análisis de la continuidad espacial, éstos son:

Tabla 4.1. Índices de Forma

Índice	Fórmula		Descripción
Compacidad (C)	$C = \frac{1}{\frac{Pi}{2\sqrt{\pi}} * Ai}$	Ec.(1)	Conocido como Índice de Gravelius y comúnmente aplicado en el análisis de cuencas (Ibáñez González de Matauco, 2004). El coeficiente de compacidad siempre oscilará entre 0 y 1, la proximidad a 1 define la forma más cercana a una forma más compacta.
Complejidad (CO)	$CO = \frac{\sum_{i=1}^{n=1} \frac{2\ln 0.25Pi}{\ln Ai}}{N} * \frac{Ai}{\sum_{i=1}^{n=1} Ai}$	Ec.(2)	Más conocido como la ponderación de la dimensión fractal por el área. Mide la irregularidad de la forma y ha sido aplicado en Huang et al.(2007), además se incluye en las herramientas de la extensión <i>Patch Analyst</i> diseñada para ArcGIS 9.2. En su interpretación mientras más alto sea el valor más irregular y compleja es la forma urbana.

Los índices espaciales representan dos componentes de las dimensiones medidas en las formas urbanas. Como lo han experimentado otras investigaciones que utilizan índices de forma, los resultados permiten identificar patrones y cambios en la evolución del crecimiento (Shen, 2002; Wei et al., 2006; Zhu et al., 2006; Huang et al., 2007) y también se utilizan para comparar distintos tipos de ciudades y ritmos de urbanización (Zhu et al., 2006; Huang et al., 2007). Por último los índices son calculados a cada una de las manchas resultantes en ArcGIS 9.2.

4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1. DESCRIPCIÓN DEL CRECIMIENTO URBANO

El crecimiento del AMC ha despertado un creciente interés científico desde diferentes puntos de vista, destacando la medición del consumo de suelo (Baeriswyl, 2007), los cambios en las tipologías residenciales (Pérez y Salinas, 2007; Pérez et al., 2008) y principalmente los efectos ambientales que ha generado (Romero et al., 2005; Vásquez et al., 2005; Pauchard et al., 2006). En general, esta preocupación se manifiesta en el área central compuesta por las ciudades conurbadas, es decir el núcleo más urbanizado del AMC.

Como se ha comentado en el capítulo 2, el AMC en gran parte debe su crecimiento urbano a la migración, producto de la concentración de actividades industriales, siendo un polo de trascendencia nacional. En el territorio se localiza una importante actividad portuaria (San Vicente, Talcahuano y Lirquén) e industrias como la siderúrgica de Huachipato, la refinería de ENAP y las industrias pesqueras. Como lo plantean Pérez y Salinas (2007) la metropolización ha estado condicionada por el desarrollo de la industria, el borde costero y la estructura vial.

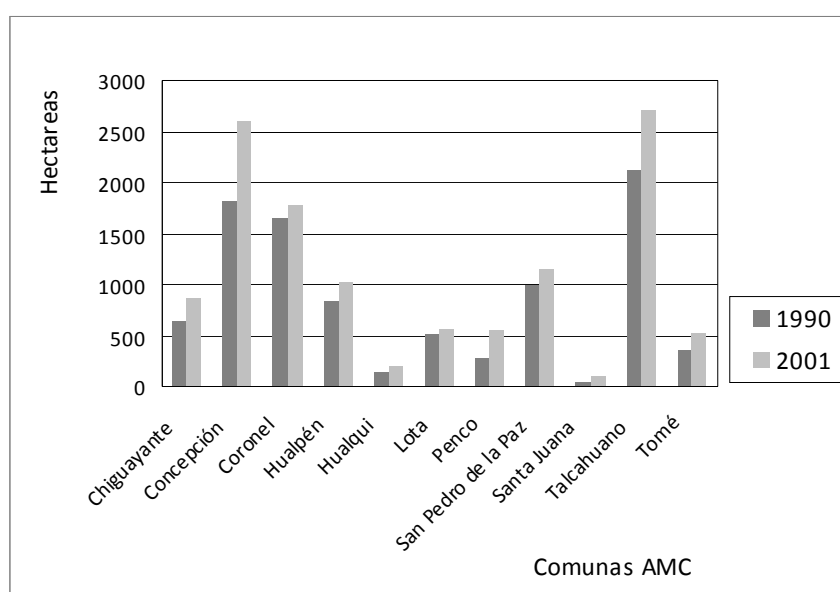
Entender las dinámicas del crecimiento urbano involucra comprender en primer lugar la concentración urbana central llamada “El Gran Concepción”, compuesta

por las comunas de Concepción, Talcahuano, Hualpén, Chiguayante, San Pedro y Penco, la conurbación representa el 73% de la superficie urbanizada y el 69,5% de la población. Precisamente en esta zona existe una mayor presión por localizar nuevas áreas residenciales, industriales, comerciales y de equipamientos; muchas veces esta localización se ha realizado en sectores naturales, seminaturales, forestales o agrícolas que desempeñan valiosos servicios ambientales (Vásquez et al., 2005).

Los resultados de la detección muestran que en 1990 la superficie es de 9.392,84 ha, mientras que en el año 2001 alcanzan las 12.047,95 ha, con un incremento del 28%. El AMC crece a un ritmo de construcción o tasa anual de crecimiento de 241,3 ha. En cuanto a la superficie metropolitana el suelo construido en 1990 representaba el 3,15% llegando al 4,2% en el 2001.

Según la figura 4.3, en la década del 90 las áreas urbanas tienden a concentrarse en Concepción, Talcahuano y Coronel, en la gráfica las superficies se cuantifican por comunas de acuerdo a la división administrativa actual y no se considera que por esas fechas San Pedro de la Paz y Chiguayante pertenecían a la comuna de Concepción y Hualpén a Talcahuano, cuyos sectores experimentan los mayores crecimientos. En el último período se fortalece la tendencia, consolidando los principales centros urbanos y sus alrededores como Penco. Fuera de la conurbación central los centros más urbanizados son Coronel y Lota, siendo esta última la comuna que crece en menor medida, mientras que en su territorio rural el crecimiento se mantiene a niveles menores (Figura 4.3). Sin duda el comportamiento de las superficies es el fiel reflejo de la influencia histórica de los núcleos principales.

Figura 4.3. Incremento Superficie Urbanizada por comuna



Al comparar las tendencias de crecimiento de las superficies urbanizadas con los datos censales de población y vivienda (Tabla 4.2), apreciamos que estas variables también tienden a incrementar existiendo una correlación positiva (0,9).

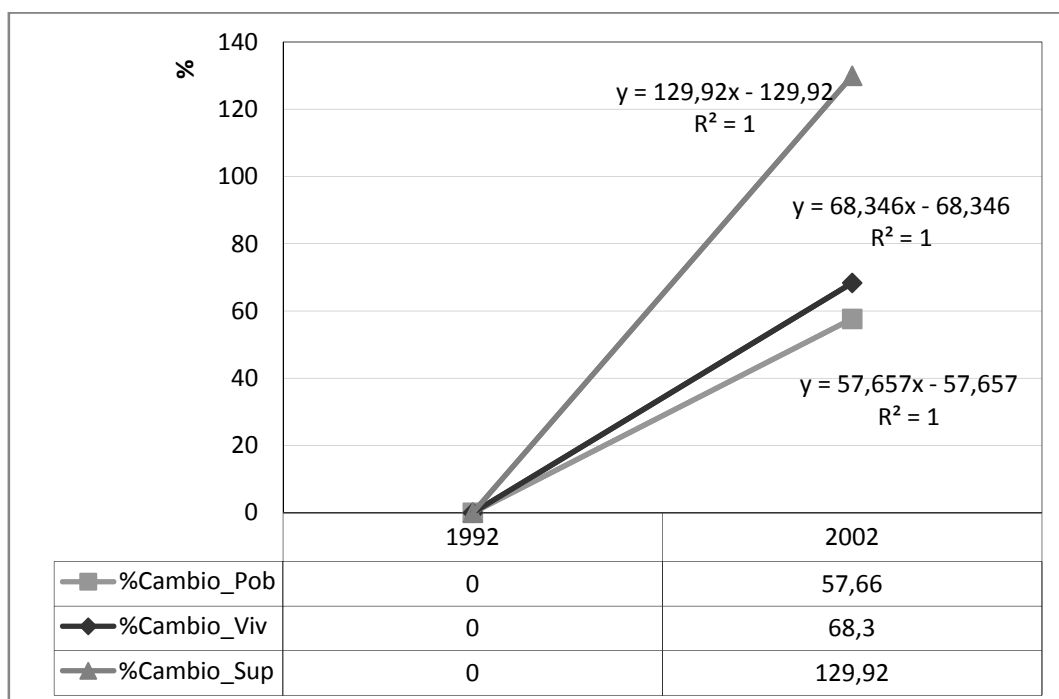
Tabla 4.2. Población y Vivienda (1992 -2002)

Años	Superficie Urbana(ha)	Población	Viviendas
1992	9392,84*	831.008	194.433
2002	12047,95**	902.712	248.098

Fuente: Censos de población y vivienda 1992 y 2002. *1990 -**2001

Al calcular los porcentajes de incrementos se comprueba una tendencia similar y lineal, por tanto se consideran como variables muy explicativas del aumento de la urbanización (Figura 4.4).

Figura 4.4. Incrementos Variables



Al momento de aplicar el modelo de regresión lineal se incluyen otras variables predictoras muy ligadas a la localización del uso residencial como: densidad, población ocupada, distancia al centro principal, distancia a carreteras, kilómetros y densidad de carreteras; en la selección de éstas variables socioeconómicas se utilizan como referentes los estudios de Romero et al. (2007a) y Jat et al. (2008). Antes de realizar la regresión se calcula una matriz de correlaciones, con este análisis se puede determinar si las variables predictoras son independientes entre sí (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Matriz de Correlaciones (N=10 observaciones)

		Superficie Municipio	Incremento ha 1990 - 2001	Incremento %	Incremento normalizado (Respecto de su Superficie)	Población 1992	Población 2002	Tasa de Crecimiento Población	Incremento Población	Incremento viviendas	Incremento Pob_Ocupada	Densidades Población 2002	Densidad de viviendas 2002	Distancia Media Km CBD	Distancia Media Carreteras + cercana m.	Km carreteras urbanas	Densidad carreteras por ha urbanizada
Superficie Municipio	Pearson	1	-.402	.498	-.542	-.446	-.485	-.226	-.213	-.113	.464	.725(*)	.839(**)	.748(*)	-.581	.430	.899(**)
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)		.249	.143	.106	.197	.155	.531	.554	.755	.177	.018	.002	.013	.078	.215	.000
Incremento ha 1990 - 2001	Pearson	-.402	1	-.064	.868(**)	.947(**)	.945(**)	-.212	-.256	-.271	-.700(*)	-.169	-.371	-.581	.580	-.153	-.486
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.249		.860	.001	.000	.000	.556	.475	.449	.024	.641	.291	.078	.079	.673	.154
Incremento %	Pearson	.498	-.064	1	-.107	-.305	-.329	-.086	-.080	-.016	.051	.681(*)	.701(*)	.265	-.214	-.238	.499
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.143	.860		.769	.391	.353	.812	.827	.966	.888	.030	.024	.460	.553	.508	.142
Incremento normalizado (Respecto de su Superficie)	Pearson	-.542	.868(**)	-.107	1	.859(**)	.863(**)	-.022	-.086	-.107	-.529	-.146	-.429	-.563	.567	-.285	-.495
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.106	.001	.769		.001	.001	.952	.814	.769	.116	.688	.216	.091	.088	.425	.146
Población 1992	Pearson	-.446	.947(**)	-.305	.859(**)	1	.995(**)	-.275	-.324	-.354	-.698(*)	-.296	-.499	-.506	.550	-.029	-.539
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.197	.000	.391	.001		.000	.442	.361	.316	.025	.407	.142	.136	.099	.937	.108
Población 2002	Pearson	-.485	.945(**)	-.329	.863(**)	.995(**)	1	-.187	-.236	-.270	-.668(*)	-.334	-.527	-.568	.553	-.051	-.577
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.155	.000	.353	.001	.000		.604	.512	.451	.035	.345	.117	.087	.097	.890	.081
Tasa de Crecimiento Población	Pearson	-.226	-.212	-.086	-.022	-.275	-.187	1	.995(**)	.979(**)	.599	-.173	-.096	-.480	-.107	-.187	-.101
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.531	.556	.812	.952	.442	.604		.000	.000	.067	.633	.792	.160	.768	.605	.780
Incremento Población	Pearson	-.213	-.256	-.080	-.086	-.324	-.236	.995(**)	1	.988(**)	.614	-.158	-.063	-.449	-.101	-.223	-.096
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.554	.475	.827	.814	.361	.512	.000		.000	.059	.663	.864	.193	.782	.536	.793
Incremento viviendas	Pearson	-.113	-.271	-.016	-.107	-.354	-.270	.979(**)	.988(**)	1	.674(*)	-.021	.066	-.361	-.098	-.257	.003
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.755	.449	.966	.769	.316	.451	.000	.000		.033	.954	.857	.306	.789	.474	.995
Incremento Pob_Ocupada	Pearson	.464	-.700(*)	.051	-.529	-.698(*)	-.668(*)	.599	.614	.674(*)	1	.304	.455	.337	-.430	.160	.627
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.177	.024	.888	.116	.025	.035	.067	.059	.033		.394	.187	.342	.214	.659	.052
Densidades Población 2002	Pearson	.725(*)	-.169	.681(*)	-.146	-.296	-.334	-.173	-.158	-.021	.304	1	.931(**)	.626	-.126	-.232	.725(*)
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.018	.641	.030	.688	.407	.345	.633	.663	.954	.394		.000	.053	.730	.519	.018
Densidad de viviendas 2002	Pearson	.839(**)	-.371	.701(*)	-.429	-.499	-.527	-.096	-.063	.066	.455	.931(**)	1	.666(*)	-.246	-.126	.839(**)
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.002	.291	.024	.216	.142	.117	.792	.864	.857	.187	.000		.035	.494	.729	.002
Distancia Media Km CBD	Pearson	.748(*)	-.581	.265	-.563	-.506	-.568	-.480	-.449	-.361	.337	.626	.666(*)	1	-.456	.230	.694(*)
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.013	.078	.460	.091	.136	.087	.160	.193	.306	.342	.053	.035		.185	.522	.026
Distancia Media Carreteras + cercana m.	Pearson	-.581	.580	-.214	.567	.550	.553	-.107	-.101	-.098	-.430	-.126	-.246	-.456	1	-.654(*)	-.398
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.078	.079	.553	.088	.099	.097	.768	.782	.789	.214	.730	.494	.185		.040	.255
Km carreteras urbanas	Pearson	.430	-.153	-.238	-.285	-.029	-.051	-.187	-.223	-.257	.160	-.232	-.126	.230	-.654(*)	1	.290
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.215	.673	.508	.425	.937	.890	.605	.536	.474	.659	.519	.729	.522	.040		.417
Densidad carreteras por Ha urbanizada	Pearson	.899(**)	-.486	.499	-.495	-.539	-.577	-.101	-.096	.003	.627	.725(*)	.839(**)	.694(*)	-.398	.290	1
	Correlation																
	Sig. (2-tailed)	.000	.154	.142	.146	.108	.081	.780	.793	.995	.052	.018	.002	.026	.255	.417	

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Los resultados reflejan que sorprendentemente sólo algunas variables resultan significativas, entonces se procede a eliminar variables dejando como dependiente el incremento en hectáreas del periodo 1990 – 2001 y como independientes la superficie comunal, la población, las viviendas y la población ocupada.

Se aplica el modelo de regresión lineal múltiple utilizando el método de selección de entrada (*enter*). Éste incluye todas las variables significativas, resultando un modelo con un R^2 sobrevalorado, evidenciando problemas de multicolinealidad, es decir información redundante. Ante esos resultados se deduce que existen altas correlaciones entre las variables o representan lo mismo, por tanto, se decide aplicar nuevamente el modelo de regresión lineal pero ahora con el método de eliminación paso a paso (*step wise*), el cual excluirá las variables que tengan menor correlación con Y. Los resultados entregan un modelo que indica que solamente incorporando la población inicial (1992) se explica un 88% del cambio en las hectáreas urbanizadas (Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Resumen Modelo de Regresión

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error típico de la estimación
1	0,947 (a)	0,897	0,884	99,19

a. Predictoras: (Constante), Población 1992

b. Variable Dependiente: Incremento ha 1990 – 2001

Los aumentos en la urbanización se relacionan en mayor medida el aumento de la población en las ciudades intermedias mayores, que son las más urbanizadas, aunque el alto incremento de Talcahuano no sólo se explica por el uso residencial y servicios, sin duda una variable importante es la concentración de instalaciones industriales localizadas en Hualpén. En cambio, las ciudades intermedias menores más próximas a Concepción y Talcahuano crecen significativamente aumentando considerablemente la

población y las viviendas, consolidando su función residencial, especialmente en Chiguayante y San Pedro. Por último, los altos incrementos en las ciudades pequeñas e intermedias menores como Santa Juana y Tomé, se ven muy reducidos en relación a su superficie comunal, son municipios menos urbanizados y poseen extensas superficies rurales y naturales.

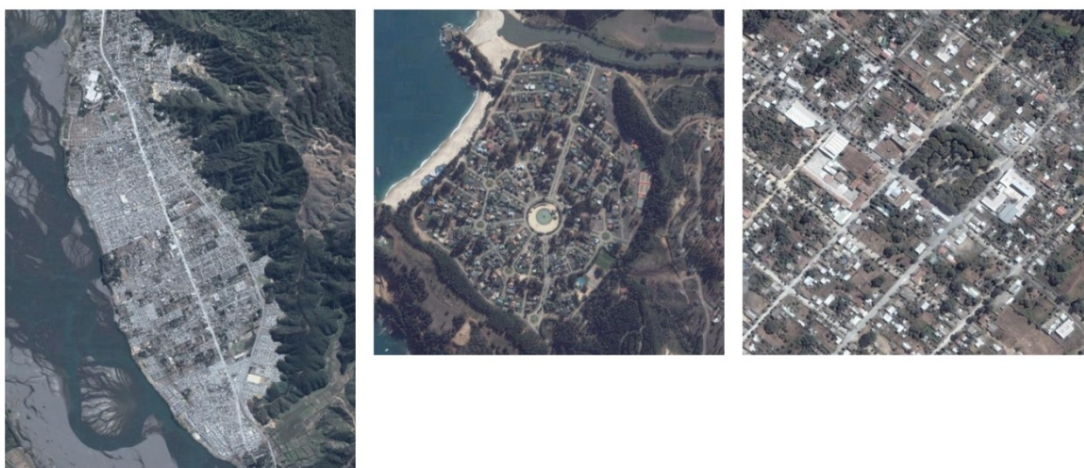
4.3.2. COMPLEJIDAD Y COMPACIDAD DE LAS NUEVAS FORMAS DE CRECIMIENTO URBANO

Conociendo la cuantificación del crecimiento urbano y desde la mirada de las formas físicas de las ciudades, el análisis muestra que en el AMC existe una clara expansión desde los centros principales, extendiéndose en torno al cauce del crecimiento del río Bío-Bío, bajo un modelo de densidades medias, que se expande hacia la periferia abarcando las zonas rurales. Las formas de las manchas evidencian los tipos de crecimiento concéntrico o radial, asociado a nuevas zonas residenciales en torno al centro urbano, especialmente en Hualpén y Penco. En el caso de Chiguayante predomina el crecimiento tentacular en torno a los ejes de transporte o carreteras principales (Figura 4.5a). San Pedro crece en forma de islas separadas del centro, principalmente con viviendas de altos ingresos localizadas en cerros con vista a los humedales (Vásquez et al., 2005), al ser una ciudad con un privilegiado entorno natural, se ha convertido en un polo de atracción para proyectos inmobiliarios (Sector Idahue y Andalué). Tomé aumenta la ocupación en cerros, en la zona pesquera las pequeñas caletas y balnearios, comienzan a convivir con nuevos tipos de urbanización ligados a la actividad turística destinada a personas con alto poder adquisitivo, aparecen nuevas manchas (Pingueral – Figura 4.5b). En Santa Juana y Hualqui también se aprecia el crecimiento radial, agregando suelo urbano al preexistente y respetando en gran medida la forma del plano Damero (Figura 4.5c). Coronel y Lota aumentan la ocupación

de sus respectivos bordes costeros, expandiéndose en dirección a los cerros donde principalmente se localiza la población de menores recursos.

En cuanto a las formas de crecimiento en los casos de Concepción y Talcahuano se experimenta el crecimiento del tipo tentacular, el eje de comunicación entre ambas ciudades es el que ha adquirido mayor dinamismo (Sector Paicaví), en contraste con la pérdida de vitalidad de los centros urbanos antiguos (Rojas et al., 2006). Sin duda un factor importante en las nuevas formas de estas ciudades son las instalaciones de grandes centros comerciales, servicios y equipamientos de carácter comunal y regional; en las manchas se aprecia la expansión urbana alrededor del aeropuerto Carriel Sur y la zona de equipamiento comercial, ubicados entre sus respectivos límites comunales. En Chile estos espacios son relativamente nuevos y se han diseminado por el territorio, consolidándose como los nuevos espacios de encuentro y recreación, especialmente para la clase media. Con respecto a este fenómeno, Ducci (1998) los critica y define como los nuevos corazones de la ciudad, favorecedores del uso del transporte privado, cuyo objetivo principal es el fomento del consumo.

Figura 4.5. Tipos de Crecimiento



- a. Crecimiento en forma Tentacular. Chiguayante - Fuente: Google Earth
- b. Nuevas urbanizaciones. Pingueral, Tomé - Fuente: Google Earth
- c. Crecimiento en torno al Plano Damero. Santa Juana - Fuente: Google Earth

La interpretación de los tipos de crecimiento se complementa con los resultados de los índices de forma sobre las manchas resultantes en los dos períodos evaluados, éstas tienen un tamaño medio de 44,30 ha (1990) y 169,68 (2001). Los resultados se correlacionan con una fuerza de $-0,40$, por tanto a medida que disminuye la compacidad, la complejidad aumenta. Resumidos en medidas de tendencia central se ve una inclinación hacia un modelo más disperso en creciente complejidad, básicamente como consecuencia de la urbanización en el último período evaluado (Tabla 4.5).

Tabla 4.5. Resultados Índices de Forma (N= Número de Manchas)

Índices	1990 (N=212)		2001(N=71)	
	Promedio	D.S	Promedio	D.S
Compacidad (C)	0,70	0,16	0,58	0,18
Complejidad (CO)	0,04	0,26	0,18	0,78

Se deduce que a medida que las formas son menos compactas su complejidad tiende a aumentar, dado que la medida de tendencia central puede resultar muy generalizadora, se incorpora como método de comprobación un test no paramétrico, apropiado a los casos donde la normalidad de las variables es un requisito difícil de cumplir: se opta por la prueba Kruskal – Wallis¹ para más de una muestra.

Los resultados del test confirman y validan la tendencia entre la compacidad y complejidad de las formas, las distribuciones y los grupos no son coincidentes presentándose que, desde 1990 al 2001, la compacidad disminuye y la complejidad aumenta considerablemente (Tabla 4.6).

¹ El fundamento de la prueba consiste en comparar las sumas de los rangos de los sujetos o índices correspondientes a cada uno de los grupos o años (Martín et al., 2007).

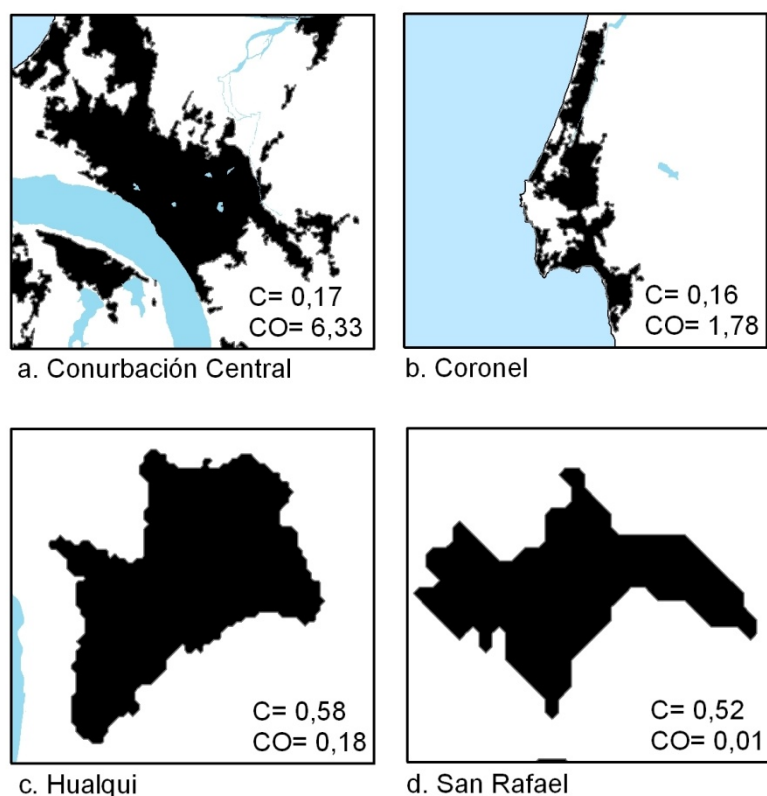
Tabla 4.6. Test Kruskal-Wallis

Índices	Año	Nº Polígonos	Rango Promedio	Estadísticos de Contraste		
					C	CO
C	1990	212	155,43	Chi-Cuadrado	24,48	65,86
	2001	71	100,40	gl	1	1
	Total	283		Sig. asintót	,000	,000
CO	1990	212	119,15			
	2001	71	210,23			
	Total	283				

Este fenómeno más disperso se asocia al que han experimentado y difundido las ciudades norteamericanas, que según Ducci (1998) es opuesto al modelo concentrado característico de las ciudades europeas. Hasta 1990, las ciudades en su mayoría crecían agregando nuevas superficies urbanas a las existentes, con tendencia a las formas medianamente compactas pero aumentando la complejidad de la expansión. Sin embargo en los últimos tiempos el fenómeno disperso se ve reflejado en la conformación territorial de formas ovales y amorfas más alejadas de la unidad, más complejas y en dirección a las periferias, los cerros y los terrenos poco adecuados.

En relación a las formas, las más complejas se encuentran en los municipios más urbanizados, siendo la forma con el índice más alto la conurbación central y las áreas urbanizadas alrededor del borde costero (Figura 4.6a y 4.6b). En cambio, las formas más compactas y menos complejas se presentan en las urbanizaciones más pequeñas y menos urbanizados, en caletas pesqueras y en asentamientos más rurales (Figura 4.6c y 4.6d).

Figura 4.6. Ejemplos de resultados de Formas Urbanas



Las tendencias hacia la dispersión del crecimiento, junto con el aumento de la complejidad de la extensión de las formas urbanas, se ven favorecidas por algunos antecedentes ya diagnosticados en el AMC. Por ejemplo, la construcción en periferia, producto de un precio del suelo más barato que no cuenta con servicios y equipamientos, otorgando la posibilidad de construir viviendas a un costo reducido. Incluso éstos han sido los terrenos que el Estado ha elegido y privilegiado para la construcción de las viviendas sociales (Ducci, 1998). Este fenómeno es perfectamente aplicable a las comunas que han crecido y crecen hacia los cerros, como Coronel, Tomé y Talcahuano, en terrenos muchas veces expuestos a riesgos naturales. Como plantean Rojas et al. (2006) en general se da prioridad a la reducción del déficit de viviendas, en desmedro de la planificación urbana.

Ante la evolución de las formas urbanas, consideramos que en el AMC es perfectamente aplicable el fenómeno que, según Romero et al., (2005) afecta a las ciudades del país: la expansión en forma de mancha de aceite que incorpora a las

superficies urbanas los terrenos de borde, está dando paso a formas más complejas, predominando el crecimiento tentacular a lo largo de las principales vías de comunicación y de tipo salto de rana caracterizado por presentar núcleos aislados y vallados localizados muchas veces en zonas rurales. En el AMC se identifica un desarrollo urbano marcadamente segregado y fuertemente relacionado con las condicionantes físicas y ambientales del territorio (Rojas et al., 2006).

En resumen, el aumento de la complejidad de las formas de crecimiento urbano del AMC refleja los efectos del modelo económico neoliberal, la ocupación de parcelas rurales muy cercanas a las áreas urbanas consolidadas, la extensión en periferia y la localización de barrios destinados a clases sociales específicas.

5. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA FUNCIONAL DE LOS CENTROS URBANOS

PRESENTACIÓN

En el presente capítulo se analiza la estructura funcional del Área Metropolitana de Concepción, se identifican y caracterizan los centros urbanos que la conforman en función la población y la movilidad metropolitana. Los resultados permiten una aproximación al entendimiento de la organización jerárquica de los asentamientos y las centralidades, aclarando algunas tendencias del modelo funcional, ya sea del tipo monocéntrico o policéntrico, tema en discusión si se refiere al análisis de las estructuras metropolitanas. Los aportes de la investigación apuntan a reflexionar sobre cómo se puede describir y caracterizar el comportamiento de la estructura funcional del modelo metropolitano por excelencia del sur del país.

5.1. INTRODUCCIÓN

Las áreas metropolitanas, como espacios funcionales, siempre están compuestos por núcleos altamente relacionados entre sí; generalmente un centro mayor con más oferta de funciones y servicios se encuentra rodeado de varios asentamientos dependientes del mismo. Otra situación es que a medida que se descentraliza el empleo, se generan nuevos centros al interior de una ciudad mayor, que en sí misma se convierte en un área metropolitana. Al parecer, las áreas metropolitanas (dentro y fuera de Chile) están evolucionando de modelos centralizados, con centros cívicos de servicios consolidados, a modelos policéntricos y también de crecimiento disperso, en los que se difunden por el territorio las funciones y servicios urbanos combinados con el uso residencial. Su sostenibilidad e integración depende fuertemente de buenos e integrados sistemas de transporte público. Según los procesos actuales en las ciudades y áreas metropolitanas, están emergiendo nuevos patrones urbanos en los que las interacciones entre la residencia y los múltiples lugares de trabajo pueden adquirir diversas formas policéntricas (William y Clark, 2000).

Ante tales acontecimientos la principal preocupación apunta a conocer si el AMC mantiene un modelo monocéntrico o tiende a un modelo absolutamente policéntrico. En este sentido se intenta cumplir con el segundo objetivo específico (apartado 1.2) referente a la estructura funcional del AMC. Se reitera que se trata de comprender si el AMC se estructura en un modelo tradicional monocéntrico o está dando paso a las nuevas formas policéntricas. Sumado el hecho que en la discusión está el determinar si el desarrollo policéntrico es una forma de dispersión o es la alternativa para un desarrollo territorial más equilibrado y, por qué no, más sostenible.

Desde el punto de vista metodológico, el análisis de la estructura funcional en áreas metropolitanas en los últimos años se ha estudiado en relación a los cambios en la dinámica de la población (Champion, 2001), la estructura de empleos (Redfearn,

2007), la dispersión del empleo (García-López y Muñiz, 2007; Muñiz et al., 2008), la distribución de los tipos de hogares (De Bartolome y Ross, 2007) y la movilidad (Schwanen et al., 2001; Gutiérrez y García-Palomares, 2005).

En el capítulo se propone una metodología basada en la jerarquización de los centros mediante un análisis de la distribución de la población ocupada, utilizando índices de densidad, autocontención y especialización; y un análisis de la movilidad por motivos laborales, por medio de la jerarquización de flujos. Los centros se clasifican en principales y subcentros, y con la aplicación de funciones de densidad se explica el efecto que ejercen en la configuración del territorio (García-López y Muñiz, 2007; Muñiz et al., 2008). En el desarrollo de la metodología es fundamental el apoyo de las herramientas de SIG.

El capítulo se organiza en los siguientes tres apartados, de los cuales el segundo se dedica al detalle de los métodos elegidos y el tercero a la interpretación de los resultados, en un principio en relación a las centralidades y jerarquías de los asentamientos metropolitanos, y posteriormente a la estructura monocéntrica o policéntrica del territorio. Se considera que los principales aportes del trabajo tienen relación a la aplicación de metodologías que permiten analizar las estructuras funcionales de territorios de organización compleja, como las áreas metropolitanas.

5.2. METODOLOGÍA

5.2.1. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS CENTROS URBANOS

En términos metodológicos las variables empleos y generación de viajes son las más determinantes en el momento de analizar la estructura funcional de un Área Metropolitana (Becerril-Padua, 2000). En primer lugar se determinan los centros de empleo para el cual se utilizan datos censales y de movilidad. En la mayoría de los

estudios se desarrollan métodos basados en umbrales, por ejemplo cantidad de puestos de trabajo localizados y densidades (Giuliano y Small, 1991; Giuliano y Small, 1999; Craig y Ng, 2001; De Bartolome y Ross, 2007; Horner, 2007 y Redfearn, 2007).

Al ser once territorios y por la histórica importancia de los centros cívicos en el modelo urbano, se realiza un análisis comunal escogiendo a éstos como los centros de empleo, concentradores de la población ocupada. Para la caracterización se cuenta con estadísticas censales del año 2002 y se calculan los siguientes indicadores:

Tabla 5.1. Índices de Empleo

Índice	Ecuación	Descripción
Densidad (D)	$D = \frac{PO}{ST}$ Ec.(1)	Donde <i>PO</i> corresponde a los ocupados y a su vez empleados en la comuna y <i>ST</i> a la superficie total de la comuna.
Autocontención (A)	$A = \frac{PO}{POT}$ Ec.(2)	Donde <i>POT</i> corresponde a la población ocupada total residente en la comuna. Apunta a la relación entre la población ocupada residente que trabaja en la misma comuna donde habita.
Ocupación (O)	$Oi = \frac{POj}{POT} * 100$ Ec.(3)	Porcentaje de población ocupada en cada uno de los sectores económicos <i>j</i> .

Los índices seleccionados han demostrado resultados satisfactorios en el estudio de García-López y Muñiz (2007).

Con los datos disponibles, la aproximación a los puestos de trabajo se realiza consultando la información censal de *situación laboral de la semana previa y comuna donde trabaja*. La primera variable permite calcular a los *ocupados* (empleados), o la población en las situaciones de: *trabajando por ingreso, sin trabajar pero tienen empleo y trabajando para un familiar sin pago en dinero*. Por tanto con los *datos de comuna donde trabaja* se obtiene un número aproximado de puestos de trabajo, ya que se

calculan sólo los ocupados residentes que trabajan en la comuna. Para la población que no lo hace se desconoce hacia donde se dirigen, ya que el censo no especifica el lugar. Finalmente, como fuerza laboral, se considera a las personas capacitadas para trabajar, es decir, los *ocupados* más los *desocupados*.

5.2.2. MODELO MONOCÉNTRICO O POLICÉNTRICO

Diagnosticados los centros, se profundiza en la identificación de los lugares centrales y jerarquías urbanas que configuran el territorio. Debido a la trascendental aportación de la teoría de Christaller, una de las primeras formas de caracterizar las áreas funcionales ha sido por medio de la identificación de los lugares centrales en los asentamientos, los cuales dependen de los bienes y servicios que oferten. En la práctica, éstos se han podido determinar mediante la medición de la concentración de establecimientos y servicios centrales y la atracción de viajes. Por ejemplo, en el Atlas Ambiental de Buenos Aires (2007), se realiza mediante el estudio de la presencia bancaria, considerada como una actividad altamente asociada al comercio y la prestación de servicios, asumiendo que el espacio urbano es el producto de las actividades humanas de un proceso evolutivo de diferenciación y articulación funcional. Otra aproximación ha sido determinar la zona de influencia o radio de influencia de un asentamiento mayor, para el cual se han probados métodos como las encuestas de movilidad origen-destino, el comportamiento de los intercambios de información y los modelos gravitatorios (Bavoux, 2005).

Los centros cívicos de las comunas (CBD) se consideran los puntos más dinámicos y concentradores de funciones, servicios y empleos. Por medio de la encuesta origen-destino del año 1999 (EOD), se resumen los datos de las zonas de transporte por cada centro cívico. La información permite modelar el comportamiento de los viajes y jerarquizan los flujos, obteniendo los tres más importantes. Con los

resultados de los índices anteriores de empleo y el *ranking* de flujos, los centros cívicos se clasifican en: principales y subcentros.

A partir de la clasificación de los centros se propone una jerarquización en cuatro tipos, su organización e influencias se analiza mediante funciones de densidad. Éstas permiten identificar bajo qué modelo se estructura el territorio, además desde las teorías clásicas se han aplicado para predecir el modelo de renta ofertada. Las funciones se basan en la medición de las distancias o medida de accesibilidad espacial desde los subcentros hacia el centro principal (CBD). La influencia de cada una de las concentraciones vendría medida por su parámetro estimado, denominado gradiente de densidad, así como por su nivel de significación (García-López, 2008). Éstas funciones además han demostrado resultados excelentes en modelos metropolitanos como en el Área Metropolitana de Barcelona (García-López y Muñiz, 2007; Muñiz et al., 2008).

En este caso se utilizan dos ecuaciones lineales en función del comportamiento de la densidad según se aleja de los centros principales y los subcentros. La función que explica una estructura monocéntrica considera como variable dependiente al logaritmo neperiano de la densidad (lineal) y como variable independiente a la distancia al centro principal (CBD). Por tanto se cumple siempre y cuando el gradiente disminuya a medida que se aleja del centro principal y el resultado sea estadísticamente significativo.

Ec.(4)

$$\ln(Den) = c + \gamma_{CBD} dist_{CBD}$$

En cambio, la función que explica una estructura policéntrica considera como variables independientes a la distancia al centro principal (CBD) y a la menor distancia de las calculadas hacia los subcentros (SUB). Si el modelo resulta significativo, se valida la hipótesis de policentrismo, explicando que los subcentros son tan importantes como el centro.

Ec. (5)

$$\ln(Den) = c + \gamma_{CBD} dist_{CBD} + \gamma_{SUB} dist_{SUB}$$

En ambas ecuaciones, C corresponde al gradiente de densidad y se estima por el método de mínimos cuadrados ordinarios¹. Con su aplicación se intenta explicar si el territorio se estructura bajo un modelo monocéntrico o policéntrico. Ambas ecuaciones se calculan con el programa estadístico y econométrico EViews.

Los SIG también cumplen un rol fundamental, sus herramientas permiten calcular las distancias entre los centros y cada vez más se expanden sus utilidades en este tipo de análisis. Actualmente resultan apropiados en estudios de localización de puestos de empleos (Redfearn, 2007) y de viajes laborales derivados de la localización de los puestos de trabajo (Horner, 2007). Las técnicas SIG se consideran un aporte para el desafío de desarrollar métodos que permitan entender la complejidad del cambio y la evolución de un modelo monocéntrico a modelos policéntricos como sugiere Redfearn (2007).

5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.3.1. DISTRIBUCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS

Como se ha mencionado, el AMC es un área de reciente formación que además, desde mediados del siglo pasado, comienza a constituir una aglomeración urbana central, producto de un crecimiento de población influenciado por la concentración de

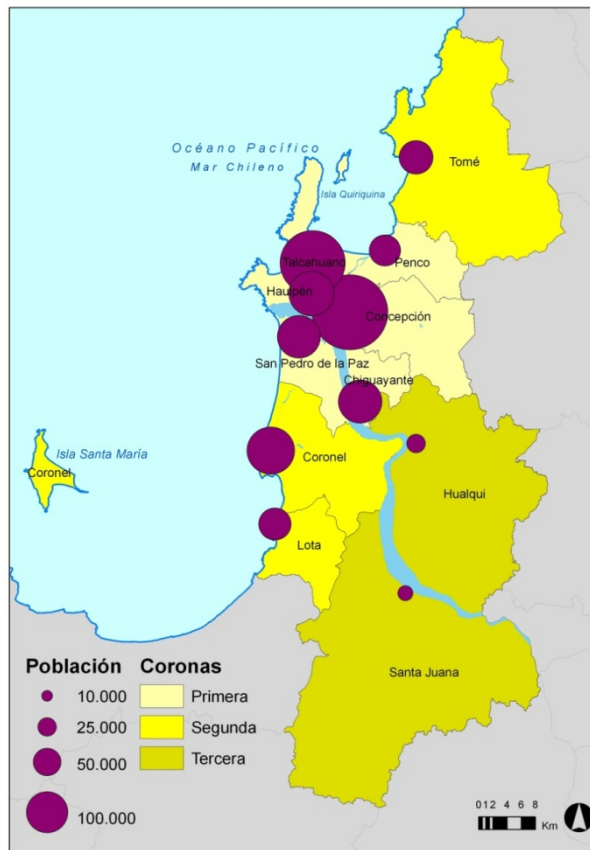
¹ Método estadístico aplicado a la regresión que permite encontrar aquellos estimadores que minimicen la suma de los cuadrados de los errores cometidos (Martín et al., 2007). De acuerdo a sugerencia de Dr. Iván Muñoz, se considera un método muy adecuado para los modelos econométricos.

actividades industriales. Los principales centros poblados son Concepción, Talcahuano y Coronel, ninguno de ellos supera los 300.000 habitantes; los dos primeros, por tradición histórica, son los grandes articuladores del territorio.

La distribución de los centros es aleatoria ($Rn=1,21$)², el radio es de unos 45 km incluyendo a la comuna de Santa Juana. La primera corona metropolitana se muestra más concentrada y conurbada, orbitando alrededor de Concepción y Talcahuano los municipios de Hualpén, Chiguayante, San Pedro y Penco; la segunda corona la representan las ciudades desarrolladas a lo largo del borde costero, con áreas urbanas más pequeñas y con tradición industrial, portuaria, mereciendo especial atención el subsistema Coronel – Lota, municipios históricamente vinculados por sus actividades económicas ligadas a la minería. Por último se ubican los municipios de extensas superficies rurales, cuya integración es muy dependiente de las infraestructuras de transporte (Figura 5.1).

² Medida de distribución espacial de los asentamientos $Rn = 2 * \frac{d\sqrt{N}}{S}$, donde d es la distancia, N el número de asentamientos y S la superficie total. Rn oscila entre 0 y 2,15, siendo 0 una distribución concentrada y 2,15 uniforme.

Figura 5.1. Sistema de Asentamientos y Coronas Metropolitanas



Fuente: Elaborado con datos del Censo de Población y Vivienda 2002

En general, los centros poseen densidades de población ocupada muy bajas. Talcahuano es la comuna con mayor densidad, específicamente 3,2 ocupados por ha, (incluido Hualpén), en cambio las más bajas se localizan en las ciudades más pequeñas y rurales como Hualqui y Santa Juana. Los niveles de autocontención más bajos se encuentran en Chiguayante y San Pedro de la Paz, lo que hace suponer un modelo con mayor cantidad de población que se desplaza para trabajar, mientras que los más altos están en Concepción, Santa Juana y Tomé (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Resultados de Indicadores de Empleo

AMC	Fuerza Laboral	Población Ocupada Total	Ocupados Total	Ocupados en la comuna	Ocupados en otra comuna	Otros	Densidad	Auto-contención
Chiguayante	30818	26373	24492	7525	16967	1881	1,00	0,28
Concepción	83816	72747	67857	52191	15666	4890	2,38	0,71
Coronel	31538	26457	24368	16137	8231	2089	0,58	0,60
Hualqui	6011	5004	4535	2010	2525	469	0,03	0,40
Lota	15523	12669	11432	6834	4598	1237	0,59	0,53
Penco	16499	13897	13196	5682	7514	701	0,52	0,40
San Pedro	30741	26453	25197	8570	16627	1256	0,76	0,32
Santa Juana	3540	3014	3014	2109	905	0	0,02	0,69
Talcahuano	89504	76119	70543	47662	22881	0	3,26	0,62
Tomé	17922	14636	13369	10349	3020	1267	0,20	0,70

Fuente: Elaborado con datos del Censo de Población y Vivienda 2002

La distribución del empleo relacionado a la población ocupada se concentra principalmente en la primera corona, dominada por los núcleos de Concepción y Talcahuano y rodeados por municipios con más empleados fuera de sus territorios (Figura 5.2).

En cuanto a la distribución de la población ocupada por sectores económicos, se manifiestan la existencia de ciertas concentraciones que merecen atención: los municipios tradicionales costeros, con la excepción de Lota, mantienen una especialización industrial y actividades del secundario (industria manufacturera); los municipios nuevos, independizados de la administración de Concepción y Talcahuano, se caracterizan más por cumplir funciones ligadas a la prestación de servicios personalizados y profesionales; y los municipios rurales, a las ramas propias del primario. Las comunas de Talcahuano, Coronel y Tomé son las que tienen una distribución más equilibrada de su población ocupada, siendo los municipios con mayor localización industrial (Figura 5.3).

Figura 5.2. Distribución Población Ocupada residente

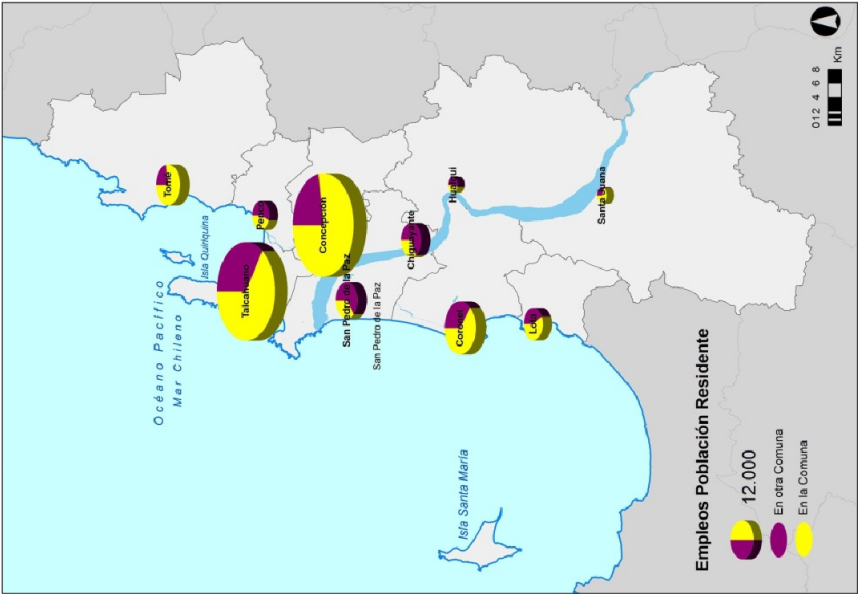
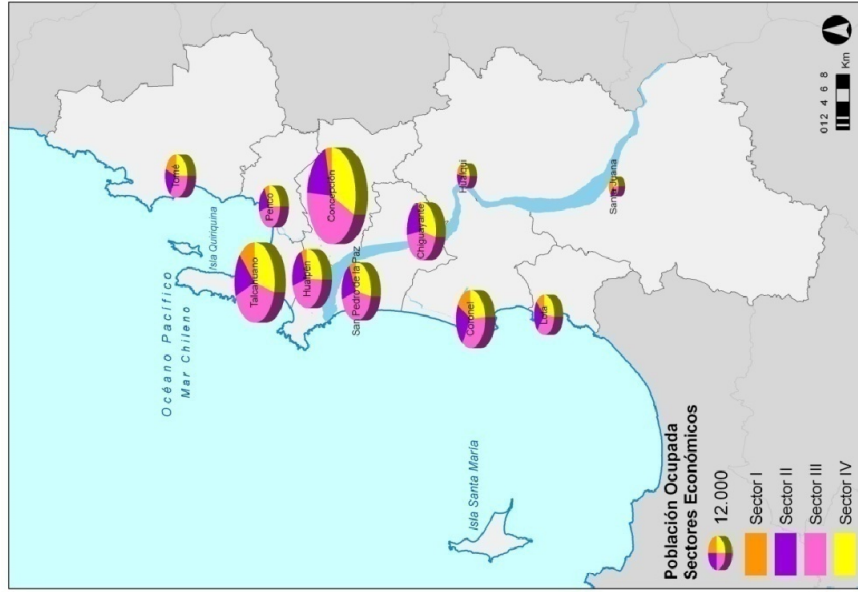


Figura 5.3. Especialización Funcional



Fuente: Ambas figuras fueron elaboradas con datos del Censo de Población y Vivienda 2002

Nota: En la figura 5.3 los gráficos muestran la distribución del empleo por sectores económicos

5.3.2. JERARQUÍAS METROPOLITANAS

Los resultados expuestos hasta ahora sólo reflejan algunas características de los centros y subcentros, desconociendo cuáles de ellos ejercen como lugares centrales o ejercen un grado de atracción mayor. Por ello, se decide incorporar la movilidad metropolitana (EOD), donde se observa que la conectividad se produce entre todos los centros, siendo Hualqui el municipio con menor participación e integración en la red metropolitana. La mayor proporción de viajes se dirige hacia la capital Concepción y proceden desde todos los centros. Al considerar sólo los desplazamientos por propósito laboral y el número de empleados fuera de su comuna de procedencia, existe una relación positiva y significativa (0,682 coeficiente de Pearson), asumiendo que los centros más atractores son los que más flujos reciben por desplazamientos laborales, por tanto tienen una jerarquía mayor y se consideran más centrales que el resto (Figura 5.4).

Figura 5.4. Flujos Propósito Laboral



Fuente: Elaborado con datos de la EOD, 1999

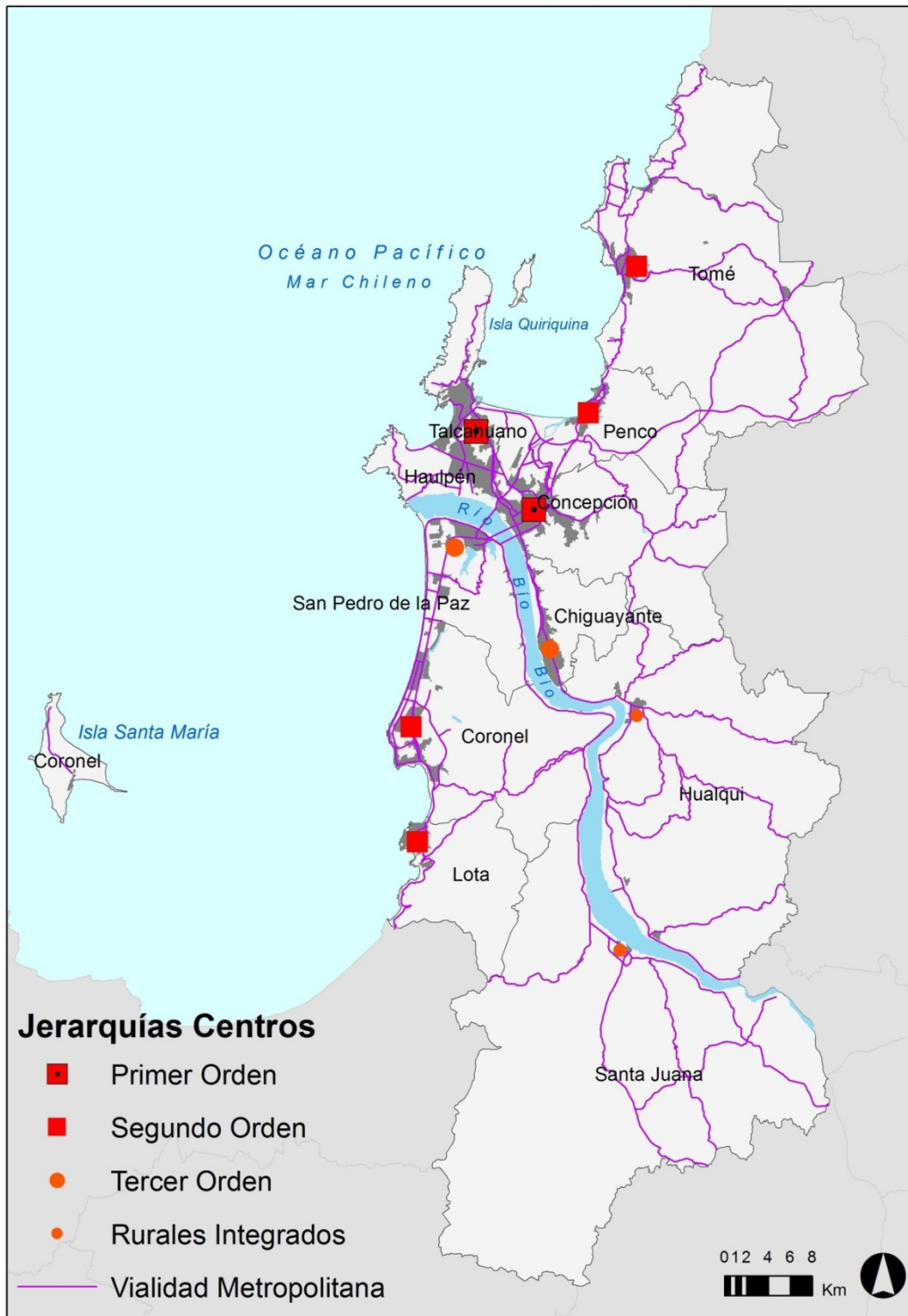
El escenario indica que, sin duda, los principales generadores y atractores de flujos laborales son Concepción y Talcahuano, ciudades funcionalmente complementarias. Se destacan los casos de San Pedro y Chiguayante, o municipios creados en las últimas décadas probablemente deberían ser ejemplos de descentralización del empleo, sin embargo son los que en mayor porcentaje sus empleados residentes trabajan fuera y tienen como destinos principales las ciudades de Concepción y Talcahuano. Hualqui es el asentamiento menos integrado, sus flujos se orientan hacia Concepción, Chiguayante y Talcahuano y su atracción en el sistema metropolitano es mínima comparada con el resto, cumpliendo más labores de municipio rural. Al desconocer los datos de Santa Juana, se asume un comportamiento muy similar.

En el marco de los resultados en los análisis de empleo, funcionalidad y movilidad metropolitana, se ordena y clasifica la región funcional en 4 tipos de centros metropolitanos: los de primer, segundo, tercero y cuarto orden (Figura 5.5).

- Primer Orden o Lugares Centrales: Asentamientos intermedios mayores, presentan las densidades y los niveles de auto contención más altos, con valores superiores a los 10.000 puestos de trabajo ocupados por residentes. Son asentamientos especializados que desde el siglo pasado concentraban la población y la urbanización debido a la industrialización, por tanto ya se consolidaban como centros de empleo que se mantienen hasta hoy. A este grupo pertenecen Concepción y Talcahuano.
- Segundo Orden o Municipios Integrados: Asentamientos menos diversos económicamente y muy industriales y portuarios, con bajas densidades y que en el pasado tuvieron mucho más dinamismo y especialización económica que en la actualidad. A este grupo pertenecen Lota y Coronel, relacionados con la industria del carbón, y Penco y Tomé, con la loza y los textiles.

- Tercer Orden o Municipios Dormitorios: Asentamientos de origen administrativo muy reciente, cuyos procesos de crecimiento están muy vinculados a los municipios centrales. Son los grandes atractores del uso residencial con densidades de empleo más bajas que los de primer orden pero más altas que los de segundo. Localizados muy próximos a Concepción, poseen menor mezcla entre población y empleo y baja autocontención, traducida en los desplazamientos de su población principalmente hacia Talcahuano y Concepción. Sus niveles de especialización son en el sector terciario y en otras actividades. A este grupo pertenecen Chiguayante y San Pedro de la Paz.
- Cuarto Orden o Centros Rurales: Asentamientos rurales de menor envergadura, menos integrados en el funcionamiento metropolitano, con bajísimas densidades de empleo. Se ocupan principalmente en la agricultura. Su nivel de autocontención es medianamente alto. A este grupo pertenecen Santa Juana y Hualqui.

Figura 5.5. Jerarquías de los Centros Metropolitanos



5.3.3. EL MODELO DE DESARROLLO FUNCIONAL DE LOS CENTROS ¿MONOCÉNTRICO O POLICÉNTRICO?

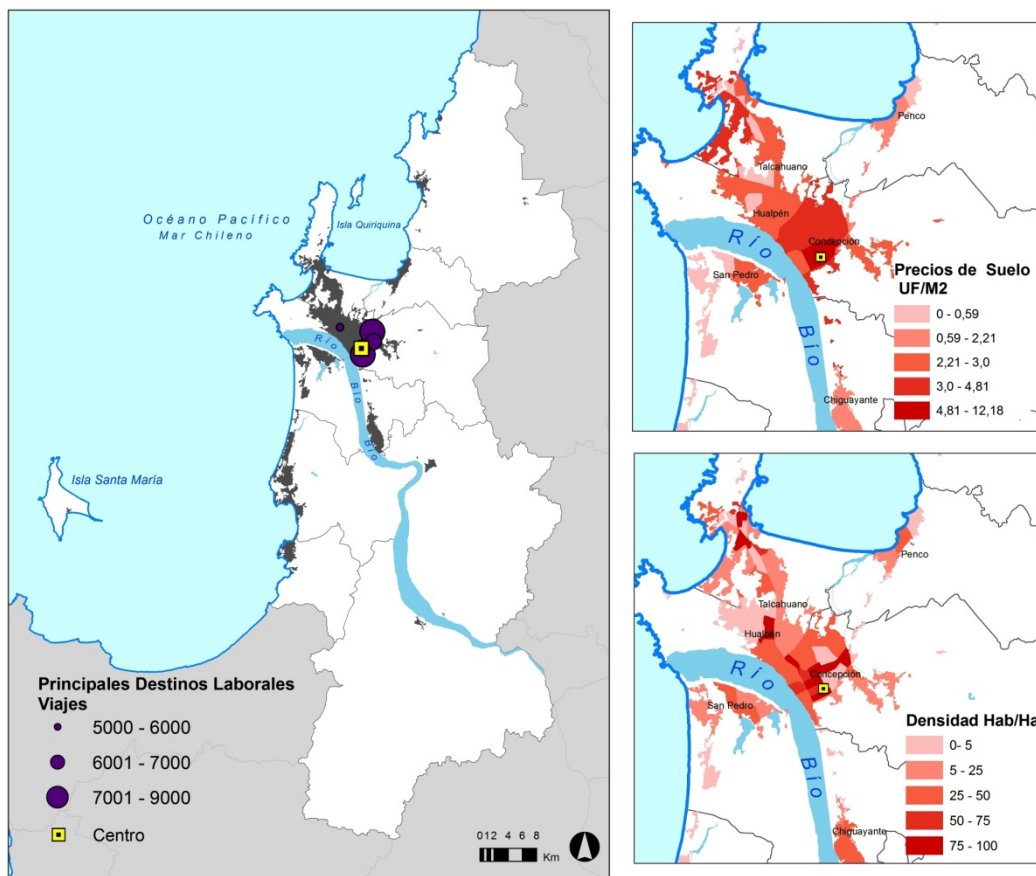
De acuerdo a la jerarquía metropolitana, ha quedado demostrado que en el AMC la centralidad la ejercen las comunas de Concepción y Talcahuano; son los grandes atractores, polos de empleo y concentradores de las actividades económicas. Sus áreas de influencia cubren toda el área metropolitana y más bien en esta primera aproximación responden a un modelo bicéntrico o bicéfalo (IP=38)³, pero al tratarse de dos o más centros dominantes, se puede interpretar una tendencia hacia un modelo policéntrico. En los trabajos aplicados a la realidad chilena, el policentrismo en general se ha entendido como sinónimo de dispersión. Por ejemplo, la capital Santiago ha sido catalogada como una región suburbanizada, extremadamente segregada y fragmentada, policéntrica, con límites imprecisos, cuya dinámica expansiva es incorporar terrenos urbanos aledaños y rurales, configurando un extenso periurbano (De Mattos, 1999). Para Becerril-Padua (2000) el crecimiento urbano de Santiago dio lugar a formas policéntricas, las cuales se ven favorecidas por las normas del Plan Regulador Metropolitano que define subcentros en el interior del Área Metropolitana. Se observa que el concepto se ha relacionado con la ciudad dispersa, relación muy ligada a una visión americana del crecimiento urbano, que para la realidad europea pueden ser incluso hasta contrapuesta (García-López y Muñiz, 2007).

Esta tendencia a la policentralidad también puede describirse con el comportamiento de los flujos laborales, los precios de suelo y la densidad de población. En este sentido en los policéntricos, por ejemplo, se tiende a generar un efecto positivo

³ Índice de Primacía $IP = \frac{P_1}{\sum_{i=1}^4 P} * 100$

sobre la densidad de población (García-López y Muñiz, 2007), y a disminuir el precio del suelo levemente en los espacios intermedios, entre las instalaciones manufactureras y la residencia o entre el comercio y la residencia, dependiendo del tamaño de los centros (William y Clark, 2000). Para el caso de las estructuras monocéntricas, los precios de suelo tienden a disminuir del gran centro a la periferia.

Figura 5.6. Atractores de Flujo Laboral versus Densidades y Precios de Suelo



Fuente: Elaborado con datos del Censo de Población y Vivienda 2002, EOD (1999) y Precios de Suelo (Núñez y Roca, 2007)

Como se representó en la figura 5.6, en el AMC las principales zonas atractoras de flujos laborales se encuentran en el centro principal de Concepción y el polígono industrial de Hualpén. Al observar los precios de suelo, éstos se mantienen relativamente altos, así como las densidades para el caso de Concepción.

Estos resultados previos sobre la estructura son los que se intentan comprobar científicamente con la aplicación de dos funciones. La monocéntrica considera sólo los lugares centrales (Concepción y Talcahuano) y la policéntrica considera además de los centrales a los subcentros del resto de las comunas:

Los resultados de las funciones de densidad se observan en la tabla 5.3. Para su mejor comprensión, se detalla que en los artículos de este ámbito se suele incorporar entre paréntesis el valor de la *t de student*.

Tabla 5.3. Efectos de la distancia a los centros y subcentros sobre la Densidad de Población ($\ln Den$).

	(1) Coef	(2) Coef
C	2.84 (11.33)	3.18 (8.37)
DistCBD	-0.12 (-11.17)	-0.10 (-6.50)
DistSUB		-0.08 (-1.39)
R ² Ajustado	0.47	0.48

(1) Función Monocéntrica - (2) Función Policéntrica

Los resultados significativos permiten inferir que es un modelo cuya articulación del territorio sigue en función de los centros principales. Aunque ambos modelos son significativos, el policéntrico sólo supera en un 1% la capacidad explicativa de un 47% del monocéntrico.

Estos resultados indican una fuerte influencia de los centros y los subcentros en el territorio. Se esperaba que se diera la lógica de un modelo monocéntrico, donde los centros principales tienen un ámbito de acción mayor a los subcentros, pero al ser resultados muy similares se decide incorporar una corrección a la función. Para este tipo de casos se ha propuesto como solución substituir la distancia al subcentro por su inversa en una nueva ecuación (McDonald y Prather, 1994).

Ec. (6)

$$\ln(Den) = c + \gamma_{CBD} dist_{CBD} + \gamma_{SUB} \left(\frac{1}{dist_{SUB}} \right)$$

En la nueva ecuación, y para compensar la influencia de los centros principales, se utiliza la menor distancia a cualquiera de los dos centros (Concepción – Talcahuano) y como regresor a la comentada inversa de la distancia a los subcentros. Este modelo corrige la multicolinealidad entre los datos; especialmente cuando los subcentros están muy próximos entre ellos, el modelo penaliza más una distancia larga que una distancia lineal.

El resultado satisfactoriamente aumenta la capacidad explicativa (R^2) del modelo a un 53%, con lo cual definitivamente se interpreta que el AMC se organiza en una estructura policéntrica (Tabla 5.4).

Tabla 5.4. Efectos de la distancia a los centros y subcentros sobre la inversa de la Densidad de Población ($\ln Den$).

	(3) Coef
C	1.85 (5.86)
DistCBD	-0.11 (-9.43)
DistSUB	3.58 (3.50)
R^2	0.53
(3) Inversa Función Policéntrica	

Esta estructura tiene un efecto más localizado sobre la densidad, es decir, muy condicionado al espacio próximo del subcentro o a su área de influencia; fuera de ese radio la articulación se sigue relacionando con la potencialidad de los centros principales, es decir, éstos no pierden relevancia como articuladores del territorio. Se definiría como *policentrismo espacialmente restringido* cuyo ámbito de acción de los

subcentros es menor. Por ejemplo, ciudades descentralizadas administrativamente, como San Pedro y Chiguayante, son atractivas para los usos residenciales, pero a su vez muy dependientes de los lugares centrales, especialmente en puestos de trabajo y servicios.

En la escala de análisis, el policentrismo existe siempre y cuando en un sistema urbano de varias ciudades de distintos niveles existen dos o más ciudades que se complementan en diferentes funciones. Inferimos que históricamente el sistema analizado nunca ha funcionado como un modelo monocéntrico propiamente tal, aunque se reconoce que la influencia de Concepción tiende a mantenerse, debido a la importante concentración de servicios y equipamientos metropolitanos. Ambas comunas están absolutamente integradas y se complementan funcionalmente, aportando cada una sus especialidades. Por ejemplo, Talcahuano–Hualpén concentran la localización industrial, factor tan característico de un área metropolitana.

Considerando al policentrismo como alternativa a la dispersión, se define que en el AMC no existe un modelo policéntrico consolidado. Si existiese, habría un mayor equilibrio en el tamaño, población y en la especialización funcional del resto de los asentamientos.

6. VALORACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DEL MODELO TERRITORIAL

PRESENTACIÓN

Como se ha mencionado la sostenibilidad urbana generalmente se entiende como el equilibrio entre los aspectos ambientales económicos y sociales de la ciudad. Conociendo el comportamiento de las estructuras y el funcionamiento sistémico del territorio, cobra real importancia el hecho de analizar las ciudades del AMC en su relación metropolitana y no tratarlas como un espacio aislado. Ante el crecimiento del AMC y los impactos que genera, se plantea analizar su sostenibilidad. En este sentido, uno de los métodos más utilizados ha sido la selección y diseño de indicadores de sostenibilidad. En el presente capítulo se proponen una serie de criterios de sostenibilidad y a partir de ellos se seleccionan cuatro índices territoriales, es decir, se traduce del concepto a medidas cuantitativas basadas en la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y datos espaciales. Los índices representan la relación entre las dimensiones del desarrollo sostenible, en el contexto del comportamiento del modelo de ocupación de suelo metropolitano. Corresponden a un análisis de situación de sostenibilidad, por medio de la forma del crecimiento urbano (dispersión) y los impactos en el modelo ambiental y socioeconómico de ocupación del suelo (paisaje, movilidad y segregación) del AMC.

6.1. INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad territorial básicamente se entiende como el equilibrio en la relación del medio físico y el humano en un modelo de ocupación del suelo y se relaciona con la amplia definición de desarrollo sostenible y sus dimensiones económicas, ambientales y sociales (Böhringer y Jochem, 2007). Por lo tanto, se asume que un modelo territorial es más sostenible si tiende a la integración socioeconómica entre los asentamientos urbanos en crecimiento y mantiene un uso eficiente de los recursos naturales que necesita. En este sentido, las áreas metropolitanas se presentan como el territorio ideal para evaluarla, en primer lugar, por constituir aglomeraciones urbanas y centros económicos, y en segundo, porque una ciudad no es un espacio aislado y por supuesto está fuertemente relacionado con sus vecinos y con el entorno natural.

Dada la complejidad del sistema metropolitano y la multitud de actores involucrados, la evaluación de la sostenibilidad inevitablemente se torna una tarea complicada. En la búsqueda de los métodos más adecuados, los indicadores de sostenibilidad parecen ser los más utilizados en los procesos de toma de decisión (Gasparatos et al., 2007). A menudo se han aplicado a escala nacional (Blanco et al., 2001; Alfsen y Greaker, 2007; Moran et al., 2008; Nourry, 2008; Siche et al., 2008), y a escala local (Shane y Graedel, 2000; Balocco y Grazini, 2006; Carsjens y Ligtenberg, 2006), pero no a escala metropolitana y precisamente ésta pretende ser una de las aportaciones de este trabajo.

Profundizando en la aplicación local, la revisión de algunas experiencias permite distinguir dos tipos:

1 - Indicadores de sostenibilidad de la ciudad o de evaluación y diagnóstico de sostenibilidad urbana e;

2 - Indicadores de sostenibilidad de o para la planificación de la ciudad con un fin más prospectivo y de evaluación ambiental estratégica.

Desde la perspectiva del diagnóstico de la situación y estado de las ciudades, las aportaciones de Shane y Graedel (2000), Vásquez et al. (2005), y Pauchard et al. (2006) apuntan principalmente a la utilización de índices de sustentabilidad ambiental. Diseñados específicamente como indicadores de sostenibilidad urbana, se destaca la aportación de Zhang y Guindon (2006), por establecer que los índices de sostenibilidad urbana deben representar la relación entre los usos de suelo, formas urbanas, transporte y consumo de energía.

En cuanto a indicadores aplicados a la planificación, los métodos de Carsjens y Ligtenberg (2006), Repetti y Desthieux (2006) son propuestas que se incorporan en el proceso de planificación, en cambio, Marull et al. (2007) y Rojas Quezada et al. (2006) y (2008) se refieren a la evaluación de un plan en concreto.

En este contexto, este capítulo tiene por objetivo realizar una evaluación de la situación de sostenibilidad del modelo territorial metropolitano del AMC o tercer objetivo específico (apartado 1.2), por medio de la aplicación de índices territoriales cuantitativos que analizan criterios de sostenibilidad. El modelo del AMC, por los resultados de los capítulos anteriores se reconoce como un territorio con tendencias hacia, un crecimiento más disperso, cuya compacidad disminuye en una estructura funcional con tendencias a la policentralidad restringida articulada por los centros urbanos de Concepción y Talcahuano (capítulo 4 y 5). Además ya se ha identificado como un conjunto de ciudades que pierde sustentabilidad ambiental (Romero et al., 2007b), situación que se valida con la aportación de las investigaciones de Vásquez et al.(2005) y Pauchard et al.(2006), concluyendo que la pérdida de sustentabilidad ambiental es una consecuencia del crecimiento urbano.

En relación a los aspectos metodológicos, los índices seleccionados están destinados a medir las diferencias espaciales en la situación de un fenómeno. Además,

reconocen esas diferencias como consecuencia de la situación de las estructuras (capítulo 4 y 5), siendo distintos a la naturaleza de muchos de los indicadores establecidos de sostenibilidad y probablemente más reconocidos, que evalúan el uso de los recursos, el consumo energético, el desarrollo humano y la calidad ambiental (Shane y Graedel, 2000; Walsh et al., 2006; Böhringer y Jochem, 2007). Los indicadores siguen la línea de los avances presentados en las propuestas desarrolladas por el grupo de investigación de aplicación de los SIG a procesos socio-territoriales del Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá (Díaz et al., 2007a; Díaz et al., 2007b; Salado et al., 2008).

Específicamente, la valoración de la sostenibilidad territorial del AMC se basa en la aplicación de un sistema compuesto por cuatro medidas territoriales que funcionan como indicadores ejemplo de cada criterio. Se decide plantear un sistema fundamentado en el hecho de que ningún indicador por sí solo puede reflejar todos los aspectos de la sostenibilidad (Zhang y Guindon, 2006; Nourry, 2008). El sistema representa la relación entre la estructura física o modelo de ocupación de suelo y la estructura funcional o modelo de usos de suelo. A su vez, analizan un estado y los impactos que genera, éstos corresponden a: Dispersión - Conectividad del Paisaje - Movilidad y Segregación (Tabla 6.1); en su conjunto constituyen una visión más amplia de la sostenibilidad de la estructura urbana. En cuanto a los aspectos técnicos, los indicadores son calculados y modelados utilizando datos espaciales y técnicas SIG.

El capítulo se estructura en los siguientes dos apartados, de los cuales el primero se refiere a la metodología o el sistema de indicadores y el segundo al análisis de los resultados del modelo territorial y la valoración de la sostenibilidad. Se considera que los principales aportes del estudio apuntan a extender las posibilidades metodológicas de los diagnósticos metropolitanos desde la perspectiva de su sostenibilidad territorial. Se considera que la principal contribución es el enfoque integrador de un intento de medidas que antes pueden haber sido aplicadas

sectorialmente o desde una de las dimensiones de la sostenibilidad y no desde el conjunto.

6.2. METODOLOGÍA

6.2.1. CRITERIOS Y SELECCIÓN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

Siguiendo la línea del diagnóstico metropolitano (capítulos 3 y 4), se proponen dos grandes estructuras del modelo territorial: La *Estructura Física* relacionada con el modelo de ocupación de suelo y la *Estructura Funcional* relacionada con el modelo de usos de suelo. Como producto de sus interrelaciones se opta por la definición de *Criterios de Sostenibilidad* que surgen de la revisión de experiencias previas que plantean atributos de sostenibilidad en las ciudades, entre ellas se destacan: Franchini y Dal Cin (2000), Rueda (2002), López y Hynes (2003), González y De Lázaro y Torres (2005), Carsjens y Ligtenberg (2006), Shane y Graedel (2000) Balocco y Grazzini (2006) y Zhang y Guindon (2006); en relación a las medidas espaciales, se opta por modificar y adaptar técnicas ya probadas y validadas en el análisis espacial con SIG.

Los criterios reflejan o se aproximan a definir los atributos necesarios para construir un espacio metropolitano más equilibrado e integrado. Los criterios propuestos son:

- **Criterio Nº1:** Se supone más sostenible un modelo de crecimiento menos disperso y con más mezcla de usos como forma de crecimiento de las ciudades del AM. Núcleos compactos de tamaño controlado que eviten la excesiva fragmentación (desarrollo del tipo “salto de rana”) y que procuren densidades altas en los centros y en áreas accesibles con transporte público.
- **Criterio Nº2:** Se supone más sostenible un modelo de crecimiento urbano integrado con medio natural y rural que minimice los costes ambientales en

el proceso de urbanización y tienda a no ocupar suelos de alto valor ecológico, productividad agrícola y/o afectados riesgos naturales. Una buena integración también protege los recursos y ayuda a la conectividad de los ecosistemas de los espacios naturales evitando la fragmentación.

- **Criterio N°3:** Se supone más sostenible un sistema de asentamientos jerarquizado y equilibrado, con una buena conectividad o integración que privilegie el uso redes de transporte público que permitan la inclusión social. Esa estructura equilibrada y esa conexión entre los núcleos permitirán una buena accesibilidad de la población a los recursos territoriales y una menor dependencia del transporte privado asociado al aumento de los niveles de CO₂.
- **Criterio N°4:** Se supone más sostenible un modelo metropolitano con una distribución social más igualitario, sin altas diferencias en cuanto a segregación residencial, acceso a la vivienda y calidad de vida.

De acuerdo a los criterios, se seleccionan indicadores territoriales claros y comprensibles, que permitan analizar patrones de ocupación del suelo y midan la relación entre los objetivos sociales, ambientales y económicos del Desarrollo Sostenible (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Sistema de Indicadores

Criterio	Índice	Descripción	Evolución Deseable	Información clave
1	Dispersión del Crecimiento Urbano (ID)	Grado de dispersión de las manchas de crecimiento urbano. Se mide con cuatro subindicadores: Compacidad (IC), Complejidad (ICO), Centralidad (ICc y ICbc) y Densidad (IDE). Se determina cuál de ellos incide más en la dispersión urbana.	Un espacio urbanizado más denso y compacto en los centros y de densidades medias en las periferias sin altos costes de desplazamientos	Usos de Suelo Población
2	Conectividad Ecológica (ICP)	Grado de fragmentación de los hábitats producto de la urbanización. Se mide la capacidad de dispersión de las especies, por medio de la Conectividad Ecológica (ICE) que se complementa con un índice de fragmentación (IF).	Un modelo que mantenga la conectividad funcional y conserve la integridad ecológica de los sistemas naturales	Usos de Suelo Población Redes de Transporte
3	Movilidad (IM)	Grado de integración de los centros en función del uso del transporte público. Se mide en las zonas de transporte.	Un modelo de accesibilidad que privilegia el transporte público	Población Redes de Transporte público
4	Segregación Residencial (IS)	Nivel de desigualdad en la distribución de la población entre las diferentes zonas residenciales. Se mide en dos tipos de población: Crítica (PC) e Inercial (PI).	Un modelo menos segregado, más diverso e igualitario socialmente	Condición Socioeconómica Población

Los indicadores seleccionados se asumen como medidas ejemplos de los criterios, además responden a inquietudes y problemáticas actuales y discutidas en el área (Rojas et al., 2006). El crecimiento urbano, latente desde el acelerado aumento en los últimos años (capítulo 4) ha provocado impactos naturales y socioeconómicos. Con respecto a los ambientales, alteraciones y pérdidas en el ecosistema, y a los

socioeconómicos, una distribución desigual de la población, cuyos efectos se manifiestan en grupos sociales aislados en distintos tipos de sectores urbanos, con diferencias en la calidad de las viviendas, equipamientos y servicios, siendo el transporte público uno de los más demandados.

En cuanto a los aspectos metodológicos la dispersión del crecimiento urbano (*urban sprawl*), se ha analizado desde la identificación de las dimensiones¹ de la dispersión urbana (Galster et al., 2001; Huang et al., 2007), en general aplicando indicadores de forma (área y el perímetro), densidad y centralidad, esta última midiendo distancias a zonas urbanas e infraestructuras de transporte (Zhang y Guindon, 2006; Irwin y Bockstael, 2007); la pérdida de diversidad se ha enfocado desde el análisis de efectos negativos del crecimiento urbano en los ecosistemas (Pauchard et al., 2006) y más detalladamente con una propuesta metodológica de indicadores específicos de conectividad ecológica, relacionados con la medición de los costes de desplazamiento de las especies entre los hábitats (Marull, 2005; Marull y Mallarach, 2005; Marull et al., 2007). La movilidad se ha analizado por medio de las encuestas origen-destino (Díaz et al., 2002; Gutiérrez y García-Palomares, 2005; Gutiérrez y García-Palomares, 2007) e indicadores específicos de movilidad (Díaz et al., 2007a) y accesibilidad del transporte público y privado (Kwok y Yeh, 2004). Por último, para la segregación residencial, existen medidas concretas, basados en las relaciones de igualdad, exposición, concentración y centralización de grupos de población (Martori y Hoberg, 2004; Martori et al., 2006).

Los indicadores territoriales se validan como un sistema medidas de componentes de la sostenibilidad de un territorio. Las formas urbanas tiene un fundamental impacto en los cambios del paisaje y en el transporte público (Zhang y

¹ Como se comentó en el capítulo nº4, se han identificado ocho dimensiones para el estudio del *urban sprawl*, éstas son : *density*, *continuity*, *concentration*, *clustering*, *centrality*, *nuclearity*, *mixed uses* y *proximity* (Galster et al., 2001, p.685).

Guindon, 2006), que se relaciona con el consumo de energía y la contaminación medioambiental (Kwok y Yeh, 2004); por último, los patrones de movilidad repercuten en el modelo social de ocupación del suelo urbano (Kwok y Yeh, 2004) que se puede manifestar en segregación.

6.2.2. MODELACIÓN ESPACIAL DE LOS INDICADORES

a) Datos

La principal fuente de información para el cálculo de los indicadores territoriales es el mapa de usos del suelo del AMC. Al no contar con un mapa actual, cuya versión más completa procede del catastro de usos del suelo y vegetación del año 1998, elaborado por la Corporación Nacional Forestal CONAF²; se procede a realizar una actualización de este mapa con la superficie urbana obtenida por medio de técnicas de teledetección aplicadas a una imagen Landsat del año 2001 (capítulo 4) y con las infraestructuras de transporte del catastro del PRMC (2003), representadas por su atributo de ancho de vía.

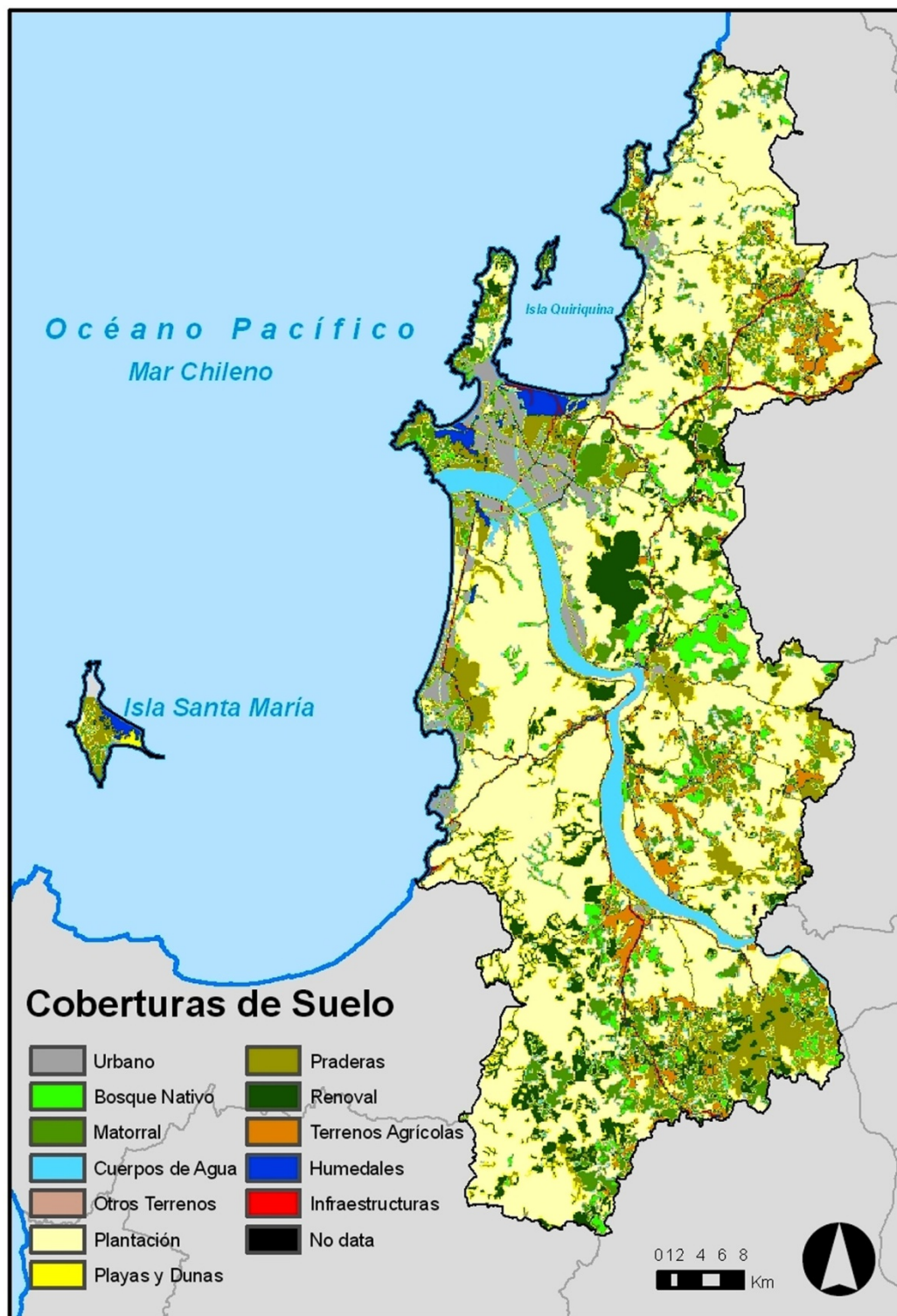
Se genera un mapa raster de 36 clases que se reclasifican en 13 más generalizadas (Tabla 6.2). El mapa resultado es un raster de 30 x 30 que representa las coberturas de suelo del AMC (Figura 6.1).

² Una completa descripción de las coberturas de suelo de la Octava Región del Bío-Bío se encuentra en el estudio realizado por la Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad Católica de Temuco. (1999).

Tabla 6.2. Clases de Coberturas de Suelo

Clases	Descripción	Descripción	Coberturas
1	Urbano	Áreas ocupadas por ciudades o instalaciones industriales	Ciudades, pueblos y zonas industriales
2	Bosque Nativo	Ecosistema cuyo estrato arbóreo está constituido por especies nativas	Bosque Nativo Exóticas Asilvestradas semidenso, abierto, denso - Bosque Nativo adulto renoval semidenso - Bosque Nativo plantación abierto, semidenso, denso - Bosque nativo adulto abierto, denso, semidenso. Tipos Forestales : Coihue - Raulí - Tepa/ Esclerófilo/ Siempreverde
3	Matorral	Formación vegetal donde el tipo biológico árbol es menor al 25%, los arbustos entre 10 y 100 y las herbáceas entre 0 y 100%	Matorral abierto - Matorral arborecente semidenso, abierto, denso - Matorral denso - Matorral pradera abierto, denso , semidenso - Matorral semidenso
4	Cuerpos de Agua	Ríos, lagos y lagunas	Ríos, lagos y lagunas
5	Otros Terrenos	Terrenos sin vegetación	
6	Plantación	Bosque cuyo estrato arbóreo está dominado por especies exóticas o nativas plantadas	Plantación Joven recién cosechada
7	Playas y Dunas	Playas y Dunas	Playas y Dunas
8	Praderas	Formación vegetal donde la cobertura del tipo herbáceas supera el 25% y los tipos árboles y arbustos una cobertura es < al 25%. Se incluyen los terrenos donde se practican períodos rotativos de cultivos y producción de empastadas	Praderas anuales, perennes- Rotación cultivo pradera
9	Renoval	Bosque nativo secundario originado por semillas y/o reproducción vegetativa después de una perturbación antrópica o natural	Renoval abierto, denso, semidenso Tipos Forestales : Ciprés de la Cordillera/ Esclerófilo/ Roble - Raulí - Coihue
10	Terrenos Agrícolas	Áreas utilizadas en agricultura incluyendo cereales, horticultura y fruticultura	Terrenos uso agrícola
11	Humedales	Superficies cubiertas de agua natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluye vegetación herbácea permanente inundada a orillas de ríos, marismas herbáceas, ñadis herbáceos y arbustivos, turbales, bofedales , vegas y otros terrenos húmedos	Vegas
12	Infraestructuras	Redes de viales de tipo metropolitano	Infraestructuras de Transporte
13	No data	Sin cobertura	Sin cobertura

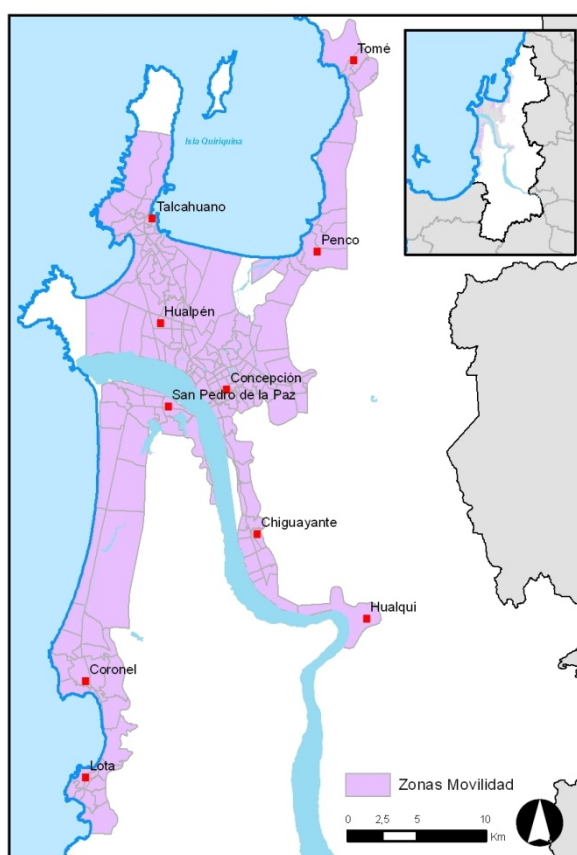
Figura 6.1. Mapa actualizado de Coberturas del Suelo



Fuente: Elaborado con datos del Mapa usos del suelo CONAF (1998), áreas urbanas (2001) y carreteras del catastro del PRMC (2003)

Los datos de población y pobreza provienen del Censo de Población y Vivienda, año 2002, agregados a la capa de distritos censales a escala 1:50.000. Los datos de movilidad provienen de la encuesta origen-destino del año 1999 que organiza los datos sobre la identificación de zonas de transporte. (Figura 6.2).

Figura 6.2. Zonas de Transporte EOD



Fuente: Elaborado con datos de la EOD (1999)

Se intenta que las fuentes cartográficas cubran todo el territorio metropolitano, pero las zonas de transporte sólo se refieren al área urbanizada. Posteriormente, se realiza una codificación para poder integrar la información de los distritos censales (población y pobreza) a las zonas de movilidad contenidas dentro de los distritos.

b) Indicadores

Ind.1. Dispersión de Crecimiento Urbano (ID): Se trabaja sobre el uso urbano con la relación de tres de las dimensiones propuestas para el estudio del *urban sprawl*: *Compacidad, Complejidad, Densidad y Centralidad*. Los dos primeros se han medido

miden con índices de forma urbana³ (capítulo 4). Se incorpora la densidad, que representa la relación del número de habitantes por superficie, se calcula con un mapa de interpolación de la población mediante la estimación de densidad por la función *Kernel*⁴ disponible en la extensión *Spatial Analyst* de ArcGIS; se utiliza este método para obtener una representación más real que el típico mapa de coropletas o el de puntos (Lara, 2004). Por último, se calcula la centralidad con dos funciones de proximidad o distancias euclidianas⁵: la primera se calcula desde las manchas urbanas y el centroide de la mancha principal, el segundo desde las manchas hacia el perímetro de borde de la mancha central del año 1975; los resultados se gestionan en la capa de centroides de las manchas urbanas.

Finalmente, se realiza un análisis estadístico para determinar cuál de las variables es la que más incide en el proceso de dispersión del AMC, utilizando un método de análisis factorial⁶, específicamente un análisis extracción de factores o análisis de componentes principales (CP).

Ind.2. Conectividad del Paisaje (ICP): Se trabaja sobre las coberturas del paisaje natural, es decir, los tipos forestales y naturales, conformados por las categorías de Bosque Nativo, Renovales, Matorrales y Praderas. El índice pretende medir,

³ La compacidad es una relación entre el área y perímetro de una forma (Ver ecuación 1, capítulo nº4). La complejidad es una ponderación de la dimensión fractal por el número de manchas, es un índice más sencillo que el aplicado en el capítulo nº4 a todas las manchas. Está incluido en la extensión *Patch Analyst* para ArcGIS.

$$CO = \frac{2\ln Pij}{\ln Aij} / N \quad \text{Ec.(1)}$$

⁴ Método de agrupamiento que da más importancia a las entidades más próximas al centro del pixel, recomendado para la representación de la distribución de población mediante SIG (Lara, 2004).

⁵ Se calcula la distancia entre puntos georeferenciados mediante la fórmula.

$$D = \sqrt{(Xi - Xj)^2 + (Yi - Yj)^2}$$

⁶ Es un método de análisis multivariante se utiliza en la reducción de datos para identificar un pequeños número de factores que explique la mayoría de la varianza observada en un número mayor de variables manifiestas (Martín et al., 2007, p.324).

mediante un Indicador de Conectividad Ecológica (ICE) y un indicador de fragmentación (IF), el grado en que las coberturas del paisaje ven afectadas su funcionalidad ecológica por causa de la urbanización.

La conectividad ecológica mide el impedimento del movimiento de los organismos entre los hábitats (Adriaensen et al., 2003). El ICE se basa en el cálculo de la distancia o el costo de desplazamiento entre los hábitats (Sastre et al., 2002; Adriaensen et al., 2003).

Los métodos posibles en esta operación son *Cost Distance*⁷ y *Distancia Euclidiana* (Foltête et al., 2008). Con mayor frecuencia, se aplica la función *Cost Distance* de la extensión *Spatial Analyst* del programa ArcGIS 9.2. Ésta parte de una superficie de origen (coberturas forestales y naturales) y una superficie de impedancia o mapa resultado de las matrices de fricción que representan la afinidad entre las coberturas (Tabla 6.3). En la construcción de este mapa, suponen una mayor fricción las coberturas que impiden el desplazamiento de las cuatro especies estudiadas, es decir, son las que actúan como barreras que limitan el movimiento (Figura 6.3).

En la construcción de la matriz de impedancia, se considera una valoración de la vegetación de Santiago de Chile, en la cual el mayor puntaje lo poseen los bosques nativos, renovales y matorrales, mencionados como los elementos con mayor calidad paisajística (Rodríguez et al., 2000). Además a modo de referencia se revisaron las

⁷ Función que crea un raster que representa el costo acumulado por cada celda $cost_{pix} = cost_{asignado} * resolución$; al desplazarse de una celda a otra se determina la distancia más corta ponderada (suma de los costes acumulados) entre cada celda a la más cercana. El costo del movimiento horizontal desde un nodo hasta uno de sus vecinos es: $a1 = \frac{cost1+cost2}{2}$, $a2 = \frac{cost2+cost3}{2}$; el costo acumulado $c = a1 + a2$. El costo del movimiento diagonal es: $a1 = \sqrt{\frac{cost1+cost2}{2}}$ y $a2 = \sqrt{\frac{cost2+cost3}{2}}$, por tanto el costo acumulado es $c = a1 + a2$ (Marull y Mallarach, 2002).

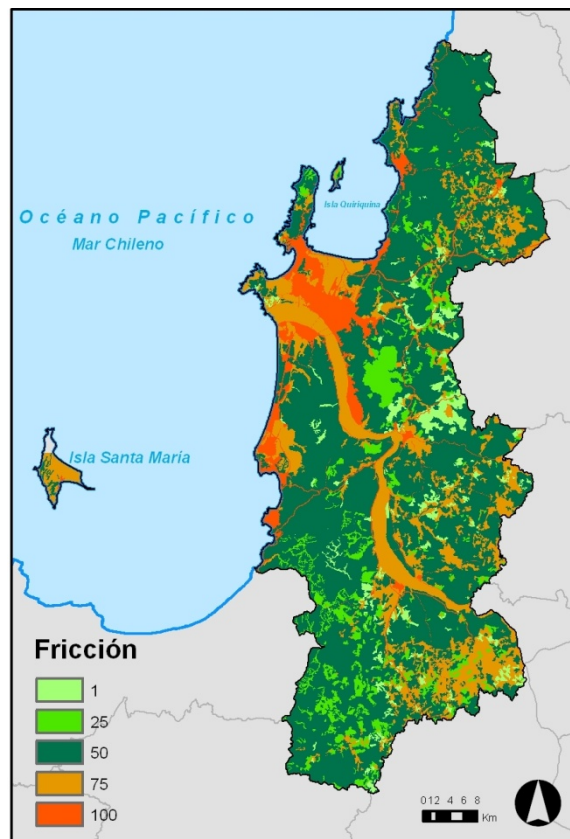
valoraciones de resistencia de vegetación madrileña (Sastre et al., 2002) y belga (Adriaensen et al., 2003).

Tabla 6.3. Matriz de Fricción

Clases	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	100	75	-	-	-	-	50	100	-	-	-	-
2		1	50	75	75	50	75	75	25	75	75	100	75
3			1	75	50	75	75	25	50	50	75	75	75
4				1	-	-	-	75	75	-	-	-	-
5					1	-	-	50	75	-	-	-	-
6						1	-	75	50	-	-	-	-
7							1	75	75	-	-	-	-
8								1	75	25	75	50	50
9									1	75	75	100	75
10										1	-	-	-
11											1	-	-
12												1	-
13													1

Nota: Los números de 1 a 13 corresponden a las categorías de usos de suelo presentadas anteriormente en la tabla 6.2.

Figura 6.3. Ejemplo de mapa de fricción para el Bosque Nativo



Los resultados representan el costo acumulado del viaje por cada clase de cobertura pasando por su fricción o el esfuerzo de una especie para alcanzar cada punto del territorio. En términos de análisis, el ICE se define como la media aritmética de los costes de las cuatro coberturas:

Ec. (2)

$$ICE = \frac{CostDistance\ i}{\sum_{i=1}^4 CostDistance}$$

El indicador de fragmentación se utiliza como medio para complementar el análisis de conectividad. Se introduce una medida común de fragmentación de áreas (Varga y Vila, 2006) disponible en la extensión *Patch Analyst* de ArcGIS, específicamente se utiliza el tamaño medio de los fragmentos (*Mean Patch Size*) cuya fórmula es:

Ec. (3)

$$IF = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{ni}$$

La medida corresponde a la suma de las áreas (a) de todos los fragmentos de cada tipo de clase, dividido por la suma de los fragmentos de la misma (n).

Ind.3. Movilidad (IM): Utilizando los datos del encuesta de movilidad (EOD) y continuando con la línea de trabajo e indicadores de movilidad propuestos en trabajos anteriores (Salado et al., 2005; Díaz et al., 2007a), se presenta el siguiente índice que establece una relación de la proporción de viajes en transporte privado y transporte público en el AMC.

Ec. (4)

$$IM = \frac{VPU - VPR}{VPU + VPR}$$

Donde VPU corresponde a los viajes en transporte público y VPR a los viajes en transporte privado. El índice se calcula en cada una de las zonas de transporte que cubren el territorio urbanizado, cuyo resultado varía entre -1 y 1. En los resultados se obtendrán valores negativos si los viajes en transporte público son menores que los en transporte privado.

Ind.4. Segregación Residencial (ISR): De los índices de segregación residencial existentes y presentados en Martori y Hoberg (2004)⁸, se aplica un índice espacial que apunta al análisis de igualdad. Para eso se utiliza el índice de desigualdad corregido por la forma⁹ (Wong, 1999 y 2003). El índice compara proporciones de grupos de población

⁸ El artículo presenta una completa revisión de los índices cuantitativos de segregación residencial, los cuales se agrupan en indicadores de igualdad, exposición, concentración y centralización.

⁹ Por sugerencia del investigador Dr. Joan Martori se utiliza un análisis de igualdad, para el cual existen los siguientes índices: índice de disimilitud de Duncan, índice de desigualdad corregido

en el espacio urbano, donde la geometría de las unidades, en este caso los distritos censales, afectan a la probabilidad de interacción entre individuos de diferentes grupos en unidades vecinas.

El índice se aplica al grupo de población en condición de pobreza, dato que se obtiene del Atlas Socio ambiental del AMC (2006), que la clasifica en Crítica e Inercial. La Crítica representa a la población con carencias físicas en la vivienda, más de tres dependientes por persona activa y cuyo jefe de familia posee cuatro años o menos de instrucción escolar. La Inercial es la población que no presenta carencias físicas en la vivienda, pero existen más de tres dependientes por persona activa y jefes de familia con cuatro años o menos de instrucción escolar, manteniendo una condición de vulnerabilidad (Rojas et al., 2006).

El índice se representa en la siguiente ecuación:

Ec. (5)

$$IS = D - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} |Z_i - Z_j| \frac{\frac{1}{2} \left[\left(\frac{p_i}{a_i} \right) + \left(\frac{p_j}{a_j} \right) \right]}{\max \left(\frac{p_i}{a_i} \right)}$$

Donde D es el clásico índice de disimilitud o segregación¹⁰, W es una matriz de contactos¹¹ entre el distrito i y el distrito j , y Z son las proporciones de población pobre

por la frontera, índice de desigualdad corregido por la longitud de la frontera e índice desigualdad corregido por la forma. Se decide por este último ya que considera la delimitación espacial que contiene a los grupos de población.

¹⁰ Índice de igualdad que mide la distribución de dos grupos de población y se define como $D = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_i}{X} - \frac{y_i}{Y} \right|$, donde x_i es la población de grupo minoritario en el Distrito i y X la población total del grupo minoritario en la comuna, y_i es el número de individuos del grupo mayoritario en el Distrito i , e Y es el total de población de este grupo en la comuna. Los resultados oscilan entre 0 (mínima segregación) y 1 (máxima segregación): un grupo de población se encuentra segregado sino ésta repartido de forma igual en los distritos censales, si el resultado es 0 el grupo minoritario está repartido de igual forma en el territorio (Martori y Hoberg, 2004).

en i y j . El cociente entre el perímetro p y el área a se denomina compacidad, ésta es mínima cuando el cociente es máximo, y a más compacidad, menos probabilidad de interacción.

Para realizar el cálculo en SIG, los datos se organizan en la capa distrital y se utiliza la extensión *Segregation Analyzer*¹² desarrollada para ArcGIS. Para el índice, el grupo *pobre* representa un porcentaje de la población total, que debe presentarse en la misma proporción en todos los distritos. Al no hacerlo, se encuentra segregado.

6.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.3.1. SISTEMA DE INDICADORES

Los indicadores territoriales han sido calculados para el AMC de Concepción en su conjunto y los resultados se presentan en la siguiente tabla:

¹¹ Matriz de contactos que introduce la interacción entre los individuos de diferentes grupos en unidades que se supone proporcional a la longitud de la frontera común, se define como $W_i = \frac{d_{ij}}{\sum_{j=1}^n d_{ij}}$, donde d_{ij} es la longitud de la frontera común entre los polígonos de la zona i y la zona j que se divide por la longitud total (Martori y Hoberg, 2004).

¹² Extensión desarrollada por el *Laboratoire d'analyse spatiale et d'économie régionale* de la Universidad de Québec, Canadá, permite calcular índices de segregación residencial a partir de ficheros *shapefile* (Apparicio, et al., 2008). Más información en el sitio web <http://laser.ucs.inrs.ca/ES/Datos.html>.

Tabla 6.4. Resumen de Resultados de los Indicadores

Indicador	Subindicador	Rango	Resultado	Interpretación +
ID	IC	0-1	0,58	más cercano a 1
	ICO	1-2	1,46	más cercano a 0
	ICc		17,24 Km*	
	ICbc		14,80 Km*	
	IDE		62,78 hab/ha	más cercano a 100 hab/ha
ICP	ICE Bosque		122,55Km*	
	ICE Renoval		111,64 Km*	
	ICE Matorral		89,03 Km*	
	ICE Praderas		94,02 Km*	
	IF Bosque		41,62 ha	
	IF Renoval		48,46 ha	
	IF Matorral		33,35 ha	
	IF Praderas		52,34 ha	
IM		-1-+1	0,56*	más cercano a 1
IS		0-1	0,27	más cercano a 0
	PC	0-1	0,33	más cercano a 0
	PI	0-1	0,25	más cercano a 0

*Corresponde a la media aritmética

Los resultados nos dan cuenta principalmente de un modelo de crecimiento disperso, complejo, de baja densidad, en el cual la variable distancia hacia el centro de mercado (CBD) es la que mejor explica esta situación. Según el análisis de componentes principales, la distancia al centro principal localizado en Concepción es la variable más importante para explicar la dispersión, ya que da cuenta de un 42,6% de la varianza (Tabla 6.5).

Tabla 6.5. Matriz de Componentes Principales

Componente	Componentes				
	1	2	3	4	5
% de Varianza	(42,6)	(28,4)	(18,1)	(10,6)	(0,09)
% Acumulado		(71%)	(89,2%)	(99,9%)	(100)
Compacidad	-0,042	-0,060	0,973	-0,219	0,000
Complejidad	-0,076	-0,045	-0,220	0,971	2,13E-005
Distancia Centro	0,992	0,106	-0,024	-0,52	0,049
Distancia Borde	0,992	0,097	-0,032	-0,54	-0,049
Densidad	0,135	0,988	-0,056	-0,42	9,66E005

Este modelo de crecimiento disperso, también ha contribuido a la pérdida de conectividad del paisaje, debido al impacto en los terrenos que ha privilegiado para su extensión (sectores de cerros y en áreas de borde con plantaciones forestales, matorrales, vegetación mixta y praderas naturales). Considerando los resultados de Pauchard et al. (2006) y Rojas et al. (2006), se corrobora que las áreas urbanas se expanden en función de las pérdidas de superficies de praderas, plantaciones, humedales y matorrales.

De acuerdo a los resultados de conectividad, las coberturas de Bosque Nativo y Renoval son las que se ven más afectadas por la urbanización en comparación con los matorrales y las praderas, que son más permeables al uso urbano con un costo menor de desplazamiento. Pero, en relación al tamaño de los fragmentos los que han visto más perjudicado sus hábitats son los matorrales y los bosques nativos.

Pasando a los efectos socioeconómicos, esta configuración urbana dispersa se ve muy influida por las infraestructuras de transporte, manifestando un crecimiento de tipo tentacular. En este modelo el transporte público tiene una leve ventaja al respecto del transporte privado, especialmente en las zonas de movilidad cercanas a los centros. A su vez donde menos se utiliza o donde el transporte privado es superior es en zonas periféricas de San Pedro, Concepción y Chiguayante. Específicamente, en algunos de

estos sectores la oferta de transporte público es muy baja, corresponden a zonas residenciales de alta calidad con un fuerte desarrollo inmobiliario.

Precisamente, estas diferencias sociales llamadas por Rojas et al. (2006) como desequilibrios, son las que para su estudio se reflejan en:

- sectores urbanos consolidados con viviendas de calidad, equipamientos y servicios y buenas condiciones ambientales;
- sectores con déficits en la calidad de las viviendas y en la dotación de equipamientos y servicios, y
- sectores con problemas ambientales, serias deficiencias en sus viviendas y con equipamientos y servicios escasos y deficitarios.

Estos factores de movilidad, el acceso a la vivienda, más la dispersión de crecimiento favorecen un fenómeno relativamente nuevo, la segregación residencial. Con respecto a esta última se puede identificar que los sectores urbanos de condición social baja se han ido concentrando y asentando en los espacios ecológicos más vulnerables. A su vez, en las zonas rurales, son los que presentan una mayor concentración de población pobre. Se manifiesta esta segregación residencial principalmente por condiciones socioeconómicas a pesar de la disminución de la pobreza. Se ha mencionado que la principal causa de esa segregación es la condición social de la población para acceder a la ocupación del espacio urbano (Rojas et al., 2006). En este sentido la población vulnerable diferenciada en una pobreza crítica (3,5%) y una pobreza inercial (15,95%), se distribuye de forma desigual, encontrándose los primeros más segregados que los segundos, teniendo que mudarse teóricamente un 33% de su población para alcanzar una distribución uniforme en el territorio.

6.3.2. VALORACIÓN DE SOSTENIBILIDAD

El gran dilema de la medición de la sostenibilidad es no contar con umbrales o sugerencias de situaciones sostenibles. Al desconocer evidencias o pruebas verdad terreno, se realiza una valoración general.

Al analizar las formas urbanas del modelo metropolitano, la mancha central o la conurbación destaca como las más compleja y menos compacta, producto de una alta complejidad en la mancha de aceite y un aumento de las distancias en las formas alejadas al centro. La dispersión se considera una situación desfavorable. Así mismo, teniendo presente que la densidad es la dimensión más importante del *urban sprawl* y el antídoto a la dispersión (López y Hynes, 2003), la situación se reafirma al poseer una densidad muy baja que consume más suelo. Se ha planteado que un ineficiente uso del suelo se refleja en una baja densidad de población (Zhang y Guindon, 2006); también se debe mencionar que las altas densidades se han relacionado con la potencial pérdida de zonas verdes al interior de la ciudad; éstas eventualmente se ganan disminuir la dependencia del transporte privado (Kwok y Yeh, 2004). Por lo mismo, áreas metropolitanas como la de Santiago han propuesto en su planificación aumentar las densidades en las áreas urbanizadas de 100 a 150 habitantes por hectárea (Becerril - Padua, 2000).

Este modelo de crecimiento disperso de los centros se localiza en terrenos vulnerables y de valor ecológico afectando la conectividad del paisaje y el desplazamiento de las especies. Las praderas son los terrenos predilectos para la expansión urbana, principalmente gracias a su capacidad de adaptación. De todas formas, esta situación es difícil de evaluar, ya que se desconoce la conectividad adecuada para cada grupo de coberturas. Ante los resultados, parece desfavorable el hecho de que el bosque nativo sea el que más costo posea para desplazamiento, pero a su vez no es la cobertura con el tamaño de fragmento medio menor asociado a la

superficie de los hábitats. La situación manifiesta que las especies leñosas son las más perjudicadas por el modelo urbano. La conservación del bosque nativo es importantísima, al encontrarse varios remanentes muy próximos a las zonas urbanizadas y asociarse su fragmentación a una pérdida de diversidad biológica.

La diagnosticada dispersión de la forma urbana, en este caso, no tiene relación a una primacía del transporte privado versus el transporte público, como comúnmente se ha relacionado a la dependencia del automóvil con crecimiento disperso cuyo resultado repercute en la eficiencia económica, la responsabilidad medioambiental, la equidad social y la habitabilidad (Kwok y Yeh, 2004). El transporte público es un servicio requerido y usado por la población del territorio. Esta situación se considera favorable ante el hecho que se considera más amigable para el medio ambiente y menos nocivo para la sociedad (Kwok y Yeh, 2004).

Las redes de infraestructuras más el modelo de urbanización han ayudado al surgimiento de una mayor segregación de la población de condición social baja, un espacio representativo es la comuna de San Pedro (ISPO=0,37), que presenta el indicador más alto, considerado uno de los territorios más atractivos para el uso residencial e impulsador de la urbanización en periferia en zonas altas y viviendas sociales en sectores específicos (Rojas et al., 2006).

Al no presentarse una distribución homogénea de la población pobre por el territorio, se define como una situación desfavorable que se ve y verá acrecentada por factores como: el aumento de las distancias urbanas entre los grupos sociales, producto de proyectos inmobiliarios destinados a grupos vulnerables o de condición social baja y el desplazamiento a zonas periféricas por parte de los grupos altos.

7. VALORACIÓN AMBIENTAL DE LA SOSTENIBILIDAD DEL MODELO PLANIFICADO

PRESENTACIÓN

Los instrumentos de planificación territorial, por su finalidad y ámbito de acción, deben contribuir a generar un territorio más sostenible, ya que inciden directamente en la orientación y forma del crecimiento urbano. En este capítulo se desarrolla un método que permite realizar una evaluación ambiental de un Plan Regulador Metropolitano. Dicho método se aplica al Área de Concepción en Chile. Se propone un *Índice de Adecuación Ambiental (IAA)* resultado de una combinación de tres subíndices *(i) Naturalidad*, *(ii) Conectividad Ecológica* y *(iii) Riesgo Natural* (adaptado de Marull et al., 2007). El IAA se utiliza para evaluar las zonas de planificación, por ello se plantean dos escenarios: el primero corresponde al uso del suelo actual o escenario base y el segundo a la zonificación del suelo diseñado por el PRMC o escenario planificado. Los índices se calculan mediante SIG y los resultados sirven para determinar en qué medida fue considerada la adecuación ambiental del territorio en la delimitación de las futuras áreas urbanizables. El capítulo pretende aportar el diseño de aplicaciones e indicadores para la Evaluación Ambiental Estratégica de planes territoriales.

7.1. INTRODUCCIÓN

La planificación territorial metropolitana, que asume la organización de espacios complejos y dinámicos, tiene la posibilidad de contribuir a generar ciudades más sostenibles, ya que incide directamente en la orientación del modelo de crecimiento. Por ello, es probablemente uno de los factores más importantes, para conducir una ciudad hacia el desarrollo sostenible (concepto desarrollado en el apartado 3.1).

En la actualidad, la idea de una planificación urbana más sostenible se va generalizando, como demuestra el hecho de que los instrumentos de ordenación del territorio así lo recogen, incluyéndolo entre sus principales objetivos. Sin embargo, se ha mencionado que se necesitan nuevas herramientas para aplicar los principios de sostenibilidad en la planificación (Botequilha Leitão y Ahern, 2002). En este sentido, una aproximación concreta se ha desarrollado mediante la relación entre la ecología del paisaje y planificación urbana¹, a través de las herramientas de aquella, se han diseñados métodos para evaluar la planificación; en esta línea están los trabajos de Opdam et al. (2002), Botequilha Leitão y Ahern (2002), Corry y Nassauer (2005) y Termorshuizen et al. (2007). Desde la perspectiva de las directrices para una planificación más sostenible, sin duda destaca la propuesta de Forman (2004), que propone tratar a las áreas metropolitanas como un mosaico territorial para los sistemas naturales y la población.

En el presente capítulo se plantea desarrollar el cuarto objetivo específico (apartado 1.2), referente evaluar el nuevo escenario de crecimiento urbano desde la dimensión ambiental de la sostenibilidad, determinando en qué medida esta

¹ En el artículo de Botequilha Leitão y Ahern (2002), se puede encontrar una completa revisión de las aportaciones de la ecología del paisaje, específicamente de índices útiles para la planificación más sostenible.

zonificación del suelo respeta el valor ambiental del territorio. La evaluación del valor ambiental se realiza principalmente mediante índices. Éstos permiten mejorar el conocimiento de los procesos ambientales y obligan a los expertos sectoriales a interactuar (Diamantini y Zanon, 2000). Precisamente, la evaluación de planes ya ha recurrido a ellos (Rojas Quezada et al., 2006; Valenzuela y Matarán, 2008), destacando la propuesta de un índice específico de adecuación o *Land Suitability Index*, con métodos SIG basados en el marco teórico de ecología del paisaje y, además especialmente diseñado para áreas metropolitanas, aplicado en un primer caso al Área Metropolitana de Barcelona (Marull, 2005; Marull et al., 2007).

Esta metodología se fundamenta en el hecho de generar medidas cuantitativas para hacer operativa la *Evaluación Ambiental Estratégica* (en adelante EAE). Para el caso de los territorios europeos existe una directiva de evaluación ambiental (Directiva 2001/42/EC), la que plantea entre sus objetivos promover el desarrollo sostenible mediante la evaluación ambiental de planes y programas que puedan tener efectos significativos en el medio ambiente (European Parliament, 2001). Además uno de los criterios estratégicos de la EAE señalados por Oñate et al. (2002) se refiere al análisis de los cambios de los usos de suelo previsibles con el desarrollo evaluado, éstos se utilizan como un indicador de potenciales pérdidas y deterioros acumulativos.

Para el caso Chileno los principios de la EAE no se incorporan en la Ley de Urbanismo y Construcciones (1975), para ello existe un Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental² (en adelante SEIA), detallado en la Ley de medio ambiente (1994). Con su cumplimiento se permite estimar las consecuencias ambientales que puede acarrear la realización de un proyecto (Gobierno de Chile-Comisión Nacional del Medio

² Antecedentes más detallados se encuentran en la Ley de bases del medio ambiente Nº19.300 y en Del Fávero y Katz. (1996).

Ambiente, 1994), siendo un apoyo técnico a la toma de decisión política (Del Fávero y Katz, 1996).

La evaluación ambiental de planes y programas es reciente, prácticamente desde la inclusión en el listado de proyectos que deben someterse al sistema. La Ley de Bases generales de Medio Ambiente (1994), establece que los instrumentos de planificación territorial deben pasar por este proceso de evaluación para su aprobación, aunque éste se ha basado en la realización de estudios de impacto ambiental. Por tanto y como sugiere la Ley, el PRMC (2003) cuenta con una declaración de impacto ambiental³. En relación a los planes se sugiere que la variable ambiental esté presente desde que se gesta el proyecto e ir detectando si el escenario previsto y planificado se concreta y si efectivamente se han minimizado o evitado los impactos ambientales que genera el uso del territorio (CONAMA, 2002), aunque a menudo estas evaluaciones se realizan considerando los impactos que produce cada proyecto o iniciativa sectorial incluida en el plan individual y no sobre el propio modelo territorial propuesto en el mismo.

Como se puede ver y dada la inexistencia de una legislación chilena de ordenación del territorio, surge el proyecto OTAS (Ordenamiento Territorial Ambientalmente Sustentable), como medio para generar un marco orientador en la región metropolitana de Santiago de Chile, que permita obtener una visión del conjunto del territorio, identificando sus limitaciones, potencialidades y oportunidades para su ordenamiento (Rossetti, 2007).

En la presente propuesta, basada en el método desarrollado por Marull et al. (2007), se intenta evaluar una de las dimensiones de la sostenibilidad, la ambiental. La aplicación del *Índice de Adecuación Ambiental (IAA)*, con la finalidad de valorar si el

³ Disponible para consulta en el portal del SEIA <http://www.e-seia.cl>.

instrumento considera éstos aspectos en la definición de las zonas de extensión urbana. En la propuesta tienen un especial interés las áreas urbanizables y siguiendo el criterio del grupo de investigación de Barcelona, se espera que las áreas urbanas deban estar situadas en sitios de mayor aptitud y menor impacto; destacando el hecho de potenciar una extensión urbana que cause el menor de los impactos en las coberturas naturales, se conserve el paisaje gestionando el territorio en su conjunto, sin aislar los espacios naturales protegidos y evitando el asentamiento de la población en áreas vulnerables al riesgo natural (Pino et al., 2006) .

En relación a la metodología se definen dos escenarios, el primero correspondiente al modelo de uso actual, el segundo al modelo de uso planificado, también llamado tendencial de futuro (Pino et al., 2008). Se aplican tres subíndices: *Naturalidad (IN)*, *Conectividad Ecológica (ICE)* y *Riesgos (IV)*; su combinación permite calcular un *Índice (IC)*, cuyo inverso se transforma en un *Índice de Adecuación (IAA)*. Este último es comparable con la zonificación del plan y como se ha mencionado siguen la línea de los trabajos de Marull (2005) y Marull et al. (2007), propuestos para el Área Metropolitana de Barcelona (España).

La investigación se estructura en los siguientes dos apartados referentes a la metodología y a los resultados del modelo de adecuación. Sus principales aportes tienen relación a la necesidad de generar metodologías que contribuyan al conocimiento ambiental de una matriz territorial fuertemente presionada por la urbanización y su planificación.

7.2. METODOLOGÍA

La valoración de la sostenibilidad ambiental se basa en el diseño y aplicación del *Índice de Adecuación Ambiental (IAA)*, fruto de la combinación de tres subíndices: *Naturalidad (IN)*, *Conectividad Ecológica (ICE)* y *Riesgos Naturales (IR)*.

7.2.1. DATOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Las principales fuentes de datos son el mapa actualizado de categorías de usos de suelo (capítulo 6) y la zonificación del PRMC (capítulo 2), a partir de ellos se elaboran los escenarios de análisis (Figuras 7.1a, 7.1b).

- Escenario base (E0): corresponde al mapa actualizado al año 2001 de los usos de suelo de CONAF (capítulo 6).
- Escenario planificado (E1): corresponde a las zonas urbanas y urbanizables del instrumento de planificación del año 2003 (PRMC). Representa el posible escenario de urbanización.

7.2.2. ÍNDICES DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

Ind.1 Naturalidad (IN)

Se define como el grado medio de perturbación por acción humana sobre los diversos hábitats, este grado se organiza en clases de valores de 0 a 5. Cada una de las categorías del paisaje se organiza según el menor o mayor grado de perturbación que experimentan por la influencia de los asentamientos urbanos, reduciéndose los datos a 5 clases de naturalidad, facilitando la comparación de los escenarios. En la matriz, la valoración más alta (clase 5) la poseen las coberturas más perturbadas, por tanto, se incluyen en esta clase el bosque nativo y el renoval (Tabla 7.1).

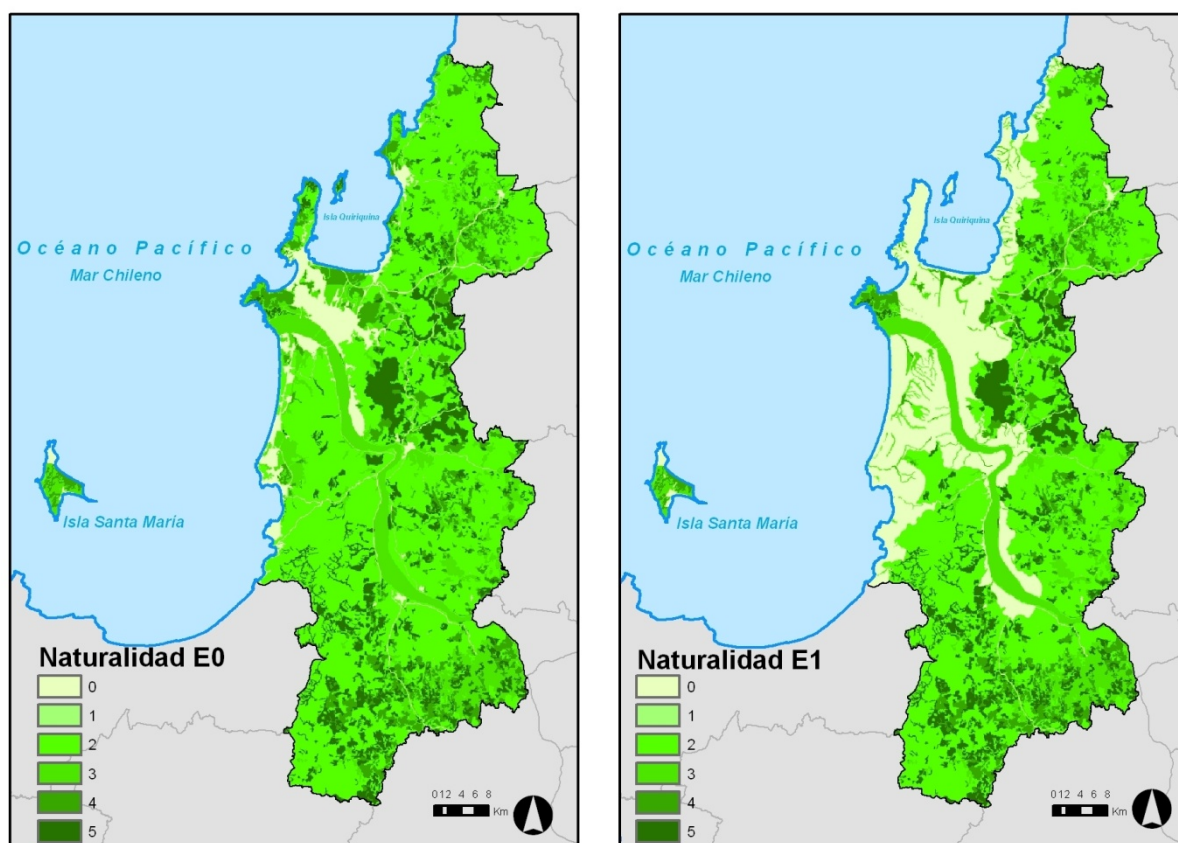
Como antecedente se consideran experiencias referentes a vegetación chilena, específicamente del área metropolitana de Santiago, donde los bosques nativos, renoval y matorrales son los más valorados (Rodríguez et al., 2000) y española (Sastre et al., 2002). También se utilizan referencias de diversidad, destacando la existencia de especies vegetales en la cordillera de la costa, señalando a la zona cordillerana de Hualqui, Lota y Tomé como el área con mayor riqueza a nivel de especies de la región del Bío-Bío (Cavieres et al., 2005).

En resumen la valoración asigna alta naturalidad a las coberturas que presentan formaciones nativas y baja naturalidad a las coberturas más intervenidas por la acción humana (Figura 7.2). En este sentido las plantaciones tienen una baja naturalidad por corresponder a especies introducidas, además este proceso es considerado una de las principales causas de alteración del paisaje que amenaza la conservación de la flora en la región (Cavieres et al., 2005).

Tabla 7.1. Matriz de Naturalidad

Valor	Naturalidad	Coberturas
0	Nula	Urbano – Infraestructuras
1	Muy Baja	Otros Terrenos
2	Baja	Terrenos Agrícolas – Plantaciones
3	Media	Praderas – Cuerpos de Agua – Playas y Dunas
4	Alta	Matorral - Humedales
5	Muy Alta	Bosque Nativo - Renoval

Figura 7.2. Mapas de Naturalidad E0 y E1



Los escenarios modelados permiten calcular el Índice de Naturalidad (*IN*) con la siguiente ecuación:

Ec. (1)

$$IN = \frac{Mx * S}{ST}$$

Donde Mx es la matriz de valoración de la naturalidad y S la superficie de cada cobertura; ST corresponde a la superficie total del paisaje, por tanto la relación porcentual se calcula:

Ec. (2)

$$\%IN = (E1 - E0)/E0 * 100$$

Y representa el porcentaje de ganancia o pérdida de naturalidad por causa de la ejecución del Plan.

Ind.2 Conectividad Ecológica (ICE)

Siguiendo el método utilizado en el capítulo 6, nuevamente se calcula mediante la obtención modelos *Cost Distance* (Mallarach y Marull, 2006), ya probados en la medición de conectividad ecológica en áreas metropolitanas. Las distancias de costo se calculan sobre las matrices de fricción de las coberturas de bosque nativo, renoval, matorral y pradera (capítulo 6), la única diferencia, es que esta vez se aplica a los mapas E0 y E1.

El ICE representa:

Ec. (3)

$$ICE = \sum_{i=1}^n XCostDistance i$$

A diferencia del capítulo anterior que utiliza los resultados de los cuatro índices de conectividad, en este caso se opta por la suma de los costos de las coberturas analizadas, para así obtener un mapa único que pueda ser relacionado con los mapas de naturalidad y riesgos.

El porcentaje de cambio en el ICE se obtiene mediante:

Ec. (4)

$$\%ICE = (E0 - E1)/E0 * 100$$

Este resultado representa el porcentaje de ganancia o pérdida de conectividad por causa de la ejecución del Plan.

El mapa resultado de la sumatoria de costes de cada ICE, se clasifica en seis categorías (*método natural breaks*), asignando el valor 5 al grupo con los valores de coste de desplazamiento más bajos y representativos de una conectividad muy alta.

Dado que los instrumentos de planificación no sólo se refieren a los espacios a urbanizar, sino también los que se van a proteger, se ha considerado interesante obtener también esta medida en la propuesta de espacios naturales protegidos, y así conocer si se gana o pierde conectividad por lo que sucede alrededor. Para este cálculo se considera la zona de “*Espacios Protegidos por Valor Natural*” del instrumento de planificación diseñado para el E1.

Ind.3 Riesgo Natural (IR)

Para el caso del AMC se considera al riesgo natural como el agente más peligroso para el emplazamiento de las nuevas urbanizaciones (Jaque y Aguilera, 2004), por lo mismo se han destinado algunos esfuerzos en documentarlos y cartografiarlos en mapas de riesgos naturales (Mardones y Vidal, 2001; Vidal y Lira, 2005; Rojas et al., 2006).

Considerando estas experiencias, se utiliza la cartografía de riesgos del territorio costero⁴, que incluye la peligrosidad de riesgo de anegamiento, de inundación, de derrumbe, de deflación eólica e inundación. Ante la ausencia de una identificación en el territorio rural, se decide analizar el modelo digital del terreno (MDT) y la vegetación, proponiendo un método de actualización sólo para el riesgo de derrumbe, ya que la ausencia de coberturas como la litología y morfología, impide modelar el riesgo de inundación y anegamiento.

⁴ Elaborado en el marco del proyecto “Zonificación y Evaluación de Riesgos Naturales en el Área Metropolitana de Concepción y Talcahuano” (Fondecyt – Regular – 1992).

Para el cálculo del riesgo de derrumbe en toda el AMC, se utiliza la matriz de evaluación de peligrosidad frente al riesgo de deslizamiento y derrumbe⁵, propuesta por Mardones y Vidal (2001). Los principales factores que se evalúan son:

- 1- Las pendientes o grado de inclinación de una ladera, que influye en casi todos los procesos morfogenéticos. Ésta se obtiene un mapa de pendientes resultado del procesamiento del MDT con la extensión *3D Analyst* de ArcGIS y;
- 2- La influencia de la vegetación, ya que una supresión del soporte natural, como la deforestación de laderas inestables, favorece la exposición a la acción de agentes como las precipitaciones. Se obtiene mediante una reclasificación del mapa de coberturas de vegetación de CONAF (1998), en vegetación arbórea o leñosas (bosque, matorral, renoval y plantación) y vegetación herbácea o praderas; el resto del territorio se clasifica como sin vegetación.

La matriz de evaluación permite generar una cartografía de peligrosidad por riesgo de derrumbe para todo el territorio metropolitano (Tabla 7.2).

Tabla 7.2. Matriz de Evaluación de Riesgo de Derrumbe

Vegetación Pendientes	<i>V. Arbórea</i>	<i>V. Herbácea</i>	<i>Sin Vegetación</i>
<10°	Bajo	Medio	Bajo
10° - 20°	Medio	Alto	Medio
>20°	Alto	Alto	Alto

Mediante la suma por algebra de mapas de los riesgos de la zona costera y el riesgo de derrumbe, se genera una cartografía de riesgos naturales más acabada y aproximada para el AMC (Figura 7.3). De su resultado se estima que el territorio

⁵ La propuesta original incluye la morfología y litología, pero la ausencia de esta información para todo el territorio metropolitano sólo permite trabajar con pendientes y coberturas de vegetación.

metropolitano está expuesto principalmente al riesgo de derrumbe. El 50,59% de la superficie se encuentra en riesgo bajo, el 32,77% en riesgo medio y el 3,26% en riesgo alto, además el 7,42% corresponde a un derrumbe activo.

El Índice de Riesgos (IR) se calcula como:

Ec. (5)

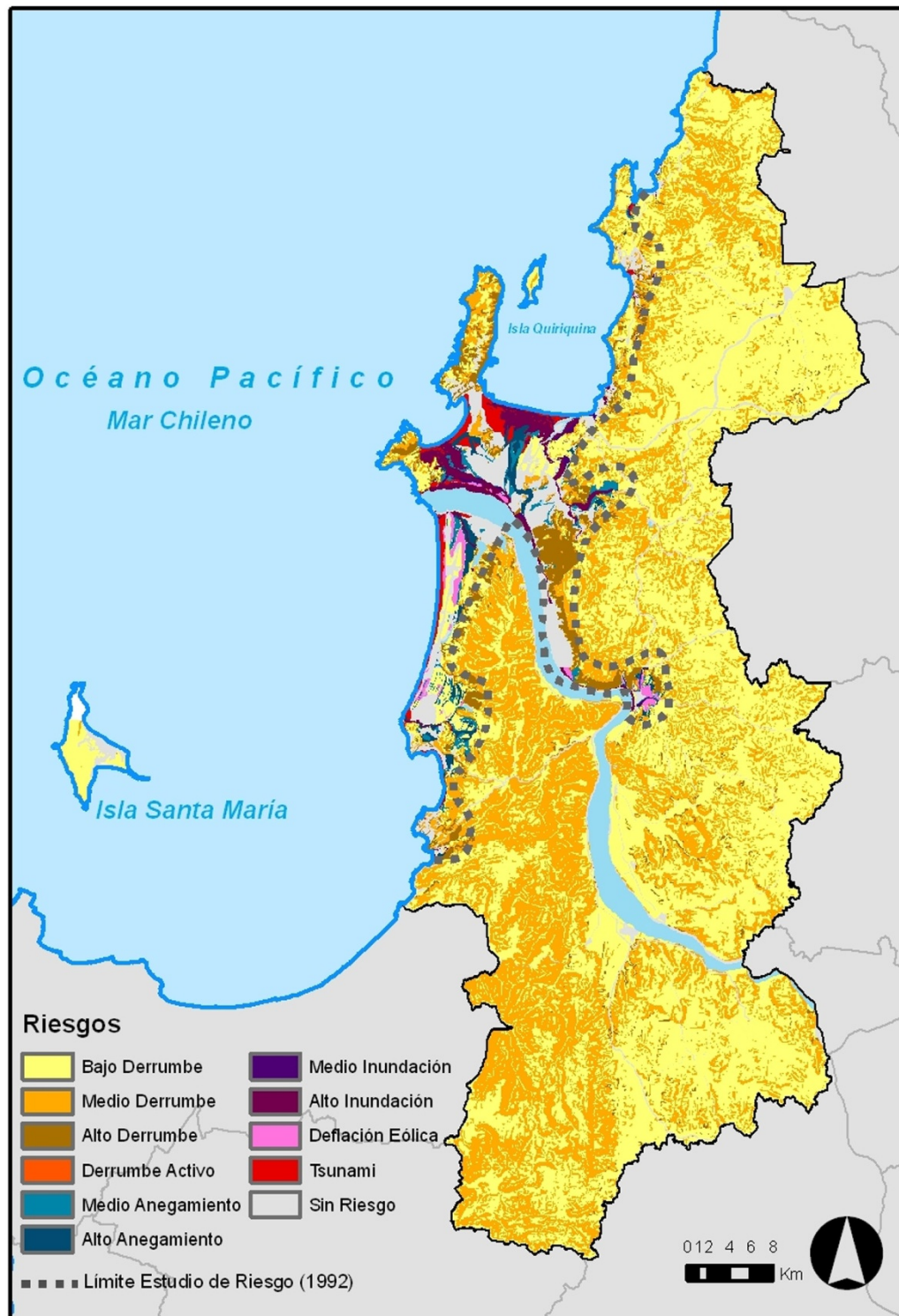
$$\%IR = \frac{SUR}{SU} * 100$$

Donde *SUR* representa la superficie urbana en riesgo y *SU* la superficie total, por tanto la relación porcentual se calcula:

Ec. (6)

$$\Delta IR = E1 - E0$$

Figura 7.3. Mapa de Riesgos Naturales



Fuente: Elaborado con datos de la Carta Riesgos del proyecto Fondecyt (1992)

Finalmente el mapa de riesgos se reclasifica en 5 clases, asignando el valor 0 a las áreas sin riesgo y el valor 5 al grupo de mayor peligrosidad según la siguiente agrupación (Tabla 7.3).

Tabla 7.3. Matriz clasificación de Riesgos Naturales

Valor	Peligrosidad	Tipo de Riesgo
0	Nula	Terreno Sin Riesgo
1	Muy Baja	Deflación Eólica
2	Baja	Bajo Derrumbe
3	Media	Medio Inundación – Medio Derrumbe – Medio Anegamiento
4	Alta	Alto Anegamiento – Alto Derrumbe- Alta Inundación
5	Muy Alta	Derrumbe Activo –Tsunami

Ind.4 Índice de Adecuación Ambiental (IAA)

Se define como una medida para evaluar un plan territorial desde la perspectiva de la evaluación ambiental. Este índice se relaciona con la *aptitud territorial* o capacidad natural del territorio para soportar las urbanizaciones, a su vez este concepto tiene relación con la definición de *capacidad de acogida*, generalmente entendida como la idoneidad de un territorio para albergar distintos desarrollos de usos de suelo (Marull y Mallarach, 2005; Otero et al., 2006). En este sentido el índice no pretende identificar las áreas de mayor aptitud para el uso urbano, ya que éstas también dependen de variables socioeconómicas como la accesibilidad a zonas de equipamientos y para la cual, ya se han probado métodos que relacionan los SIG y las técnicas de evaluación multicriterio (Malczewski, 2004).

Para el índice, las áreas más aptas para el uso urbano son las definidas por el plan como zonas de extensión urbana y ahora corresponde evaluar si los aspectos ambientales han sido considerados en su definición.

En primer lugar se realiza una combinación de los tres mapas clasificados (0 a 5) o *IN*, *ICE* y *IR*, se utiliza como método de combinación el valor máximo en el E0.

Por medio de algebra de mapas se aplica la ecuación del máximo con la calculadora raster de ArcGIS 9.2.

Ec. (7)

$$IC = \max(ICE, IN, IR)$$

El valor más bajo de la combinación representa las áreas con menor impacto para ser urbanizadas, es decir, un área urbana de extensión tendrá un mayor impacto ambiental sobre el territorio si se planifica en un área de alta conectividad ecológica, alta naturalidad y presencia de riesgos naturales muy peligrosos para los asentamientos.

Posteriormente y siguiendo el método de combinación del *Land Suitability Index (LSI)* propuesto por Marull et al., (2007), del *IC* se puede obtener una primera aproximación a un Índice de Adecuación Ambiental *IAA* para el AMC, calculando el inverso con la siguiente ecuación:

Ec. (8)

$$IAA = 6 - IC$$

En la ecuación el *IC* es el índice combinado (max. *IN*, *ICE*, *IR*), por tanto el resultado del *IAA* corresponde al opuesto de éste (Marull et al., 2007), representado las superficies con mayor adecuación ambiental y menor impacto sobre el paisaje (Tabla 7.4).

Tabla 7.4. Matriz de valoración de la Adecuación Ambiental

Matriz Índice Combinado		→	Matriz de Adecuación	
Valor	Impacto		Valor	Adecuación
5	Muy Alto		1	Sin Adecuación
4	Alto		2	Muy Baja Adecuación
3	Medio		3	Baja Adecuación
2	Bajo		4	Moderada Adecuación
1	Muy Bajo		5	Adecuado
0	Sin Impacto		6	Muy Adecuado

La propuesta es una valoración ambiental desde el análisis de la funcionalidad ecológica, descartando las variables socioeconómicas y agroeconómicas, en ambos casos se trata de variables complejas que no cuentan con coberturas específicas. La aptitud ambiental del territorio para acoger nuevas zonas residenciales o urbanas, es una valoración comparable con el mapa de uso de suelo propuesto en el Plan o E1.

7.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.3.1. CAMBIOS EN EL PAISAJE POR EL ESCENARIO PLANIFICADO

El escenario previo a la ejecución del plan (E0) posee un 4,2% de superficie total urbanizada y un 97% de su población (902.712), experimenta un modelo de ocupación del suelo de crecimiento disperso que genera impactos traducidos en cambios negativos en el ecosistema natural (Pauchard et al., 2006). De acuerdo a los resultados de la evaluación del E1, asombrosamente estos cambios de igual forma se ven reflejados y aumentados en los tres índices.

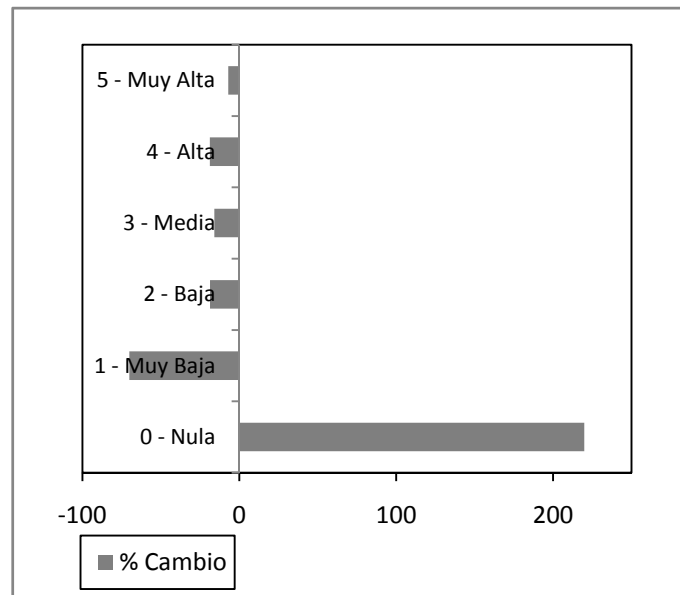
La aplicación del Índice de Naturalidad permitió identificar una pérdida bastante significativa de un 15,93% (Tabla 7.5).

Tabla 7.5. Cambios en la Naturalidad media

Naturalidad E ₀	Naturalidad E ₁	% IN
2,54	2,14	-15,93

Según las clases de valoración (Figura 7.4) la planificación ha propuesto una extensión principalmente en función de la pérdida de suelos descubiertos, terrenos agrícolas y plantaciones; tendencia relativamente aceptable por su baja naturalidad. Sin embargo el modelo de crecimiento futuro no evita el asentamiento en ecosistemas de mayor valor, provocando pérdidas en matorrales y humedales, éstos últimos ya muy afectados por la urbanización (Pauchard et al., 2006), además aparecen pérdidas de bosque nativo y renoval que son menores en porcentaje (6,99%), pero tienen mayor impacto en el paisaje, por otorgar mayores beneficios ambientales.

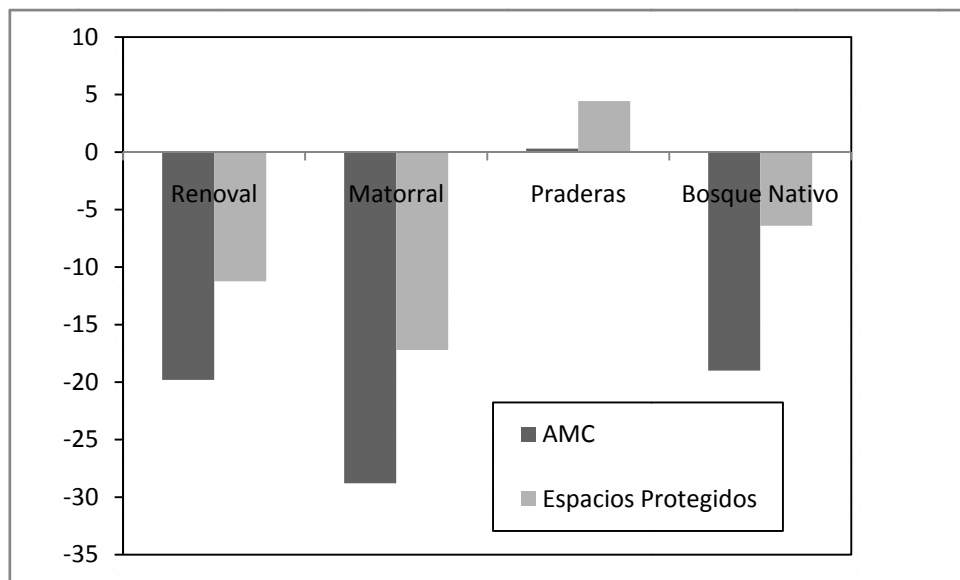
Figura 7.4. Cambios porcentuales en las clases de Naturalidad



El escenario planificado también provoca alteraciones en la funcionalidad del paisaje, los resultados indican una pérdida de conectividad de un 16,94%. Ésta afecta principalmente al matorral, bosque renoval y bosque nativo, tendencia preocupante si

entendemos que su fragmentación ocasiona una pérdida importante de biodiversidad, facilitando la invasión de nuevas especies (Bustamante y Grez, 1995). Como un intento de revertir estos impactos ambientales y la pérdida de patrimonio natural, el plan define zonas de protección de valor ecológico (capítulo 3). Estos espacios representan el 16% de la superficie planificada y principalmente han sido destinados a proteger zonas de acantilados marinos, drenaje, playas y valor natural. Incorporando el efecto de la propuesta de conservación (espacios protegidos), la conectividad ecológica decrece considerablemente, pasando a un 7,17%, reduciendo la pérdida en todas las coberturas estudiadas. Sin embargo, éstas medidas de conservación pretenden proteger a las especies, pero no evitan la pérdida de conectividad, ya que no son ecosistemas cerrados y se ven afectados por lo que sucede en su entorno. Los hábitats más perjudicados en orden descendiente las coberturas de matorral (-17,21%), renoval (-11,27), bosque nativo (-6,48) y más beneficiadas las praderas con una ganancia de 4,44% (Figura 7.5).

Figura 7.5. Pérdida y Ganancia de Conectividad Ecológica por tipos de vegetación en el E1



De acuerdo a estos resultados, surge el debate sobre la importancia de cómo diseñar las medidas de conservación de los espacios naturales y sobre todo de no considerarlos como islas en el territorio. Los resultados comprueban lo que se viene

tratando en las investigaciones de Marull et al. (2007) y Pino et al. (2008), que indican que claramente los espacios naturales protegidos están muy influenciados por lo que está sucediendo en su entorno. Por ello han sugerido que en el diseño de las políticas de protección se consideren las redes ecológicas, que se planteen medidas intervención que incluyan la identificación de los corredores que aseguren una mayor o mantención de la conectividad entre las coberturas del paisaje, asumiendo que los espacios protegidos quedan unidos por la delimitación de áreas de conexión (Pino et al., 2006).

Ya se va clarificando que la tendencia de urbanización del AMC, afecta su entorno natural y el futuro crecimiento contrastará con las capacidades físicas del territorio, para el cual se incluye otro agente restrictivo: los riesgos naturales. En el E0 el 39% de la superficie urbana se encuentra expuesta a alguno de los riesgos naturales identificados, desbordándose hacia áreas con grandes dificultades para su manejo y expuestas a fuertes índices de peligrosidad natural, aumentando con ello la probabilidad de ocurrencia de catástrofes (Mardones y Vidal, 2001).

En el nuevo escenario la superficie urbana en riesgo aumenta considerablemente a un 89%, experimentando un cambio de 42,9%. Se verá expuesta y afectada principalmente a fenómenos de anegamientos, deslizamientos, derrumbes e inundaciones (Mardones y Vidal, 2001; Rojas et al., 2006).

7.3.2. ADECUACIÓN AMBIENTAL DEL ESCENARIO PLANIFICADO (PRMC)

Los resultados se analizan desde la delimitación de las zonas de extensión urbana y su adecuación ambiental para acoger el futuro crecimiento, como sabemos estas zonas representan el 12% del territorio metropolitano (capítulo 2) y son el marco de referencia para las planificaciones locales.

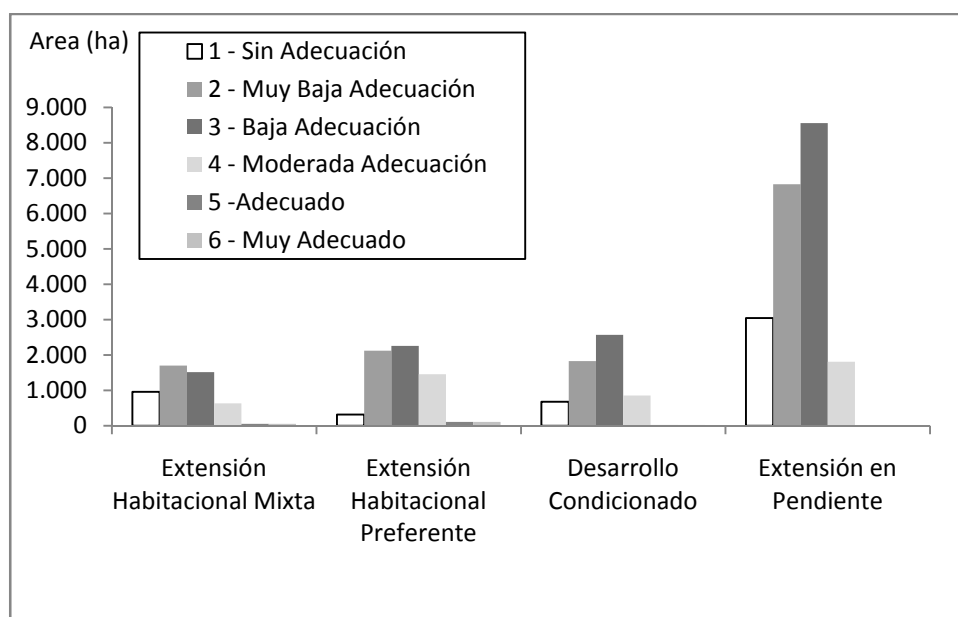
Del total de hectáreas planificadas para recibir el crecimiento urbano, tan solo el 0,67% (IAA=5-6; 252,09 ha) se encuentra situado en terrenos adecuados, mientras

que el 52,50% en áreas de baja a moderada adecuación (IAA=3-4; 19.626,66 ha) y un 46,82% (IAA=1-2; 17.502,66 ha) en áreas no adecuadas para el uso urbano.

El plan considerablemente apuesta por una extensión en zonas de moderada adecuación y de acuerdo a su propuesta de zonificación específica, la zona habitacional mixta y la zona habitacional preferente son las que tienen prioridad para urbanizarse, el resto están destinadas a un crecimiento a largo plazo. De la totalidad de sus áreas, quien posee la mayor adecuación es la habitacional preferente con un 45,44% (IAA=5-6; 114,48 ha), mientras que en la habitacional mixta da cuenta de 22,2% (IAA=5-6; 55,98 ha), juntas representan el 67,6% de la adecuación total en las zonas de extensión (IAA=5-6; 252,09 ha), cumpliendo con la lógica de planificar las áreas más adecuadas en zonas que tengan más posibilidad de urbanizarse (Figura 7.6).

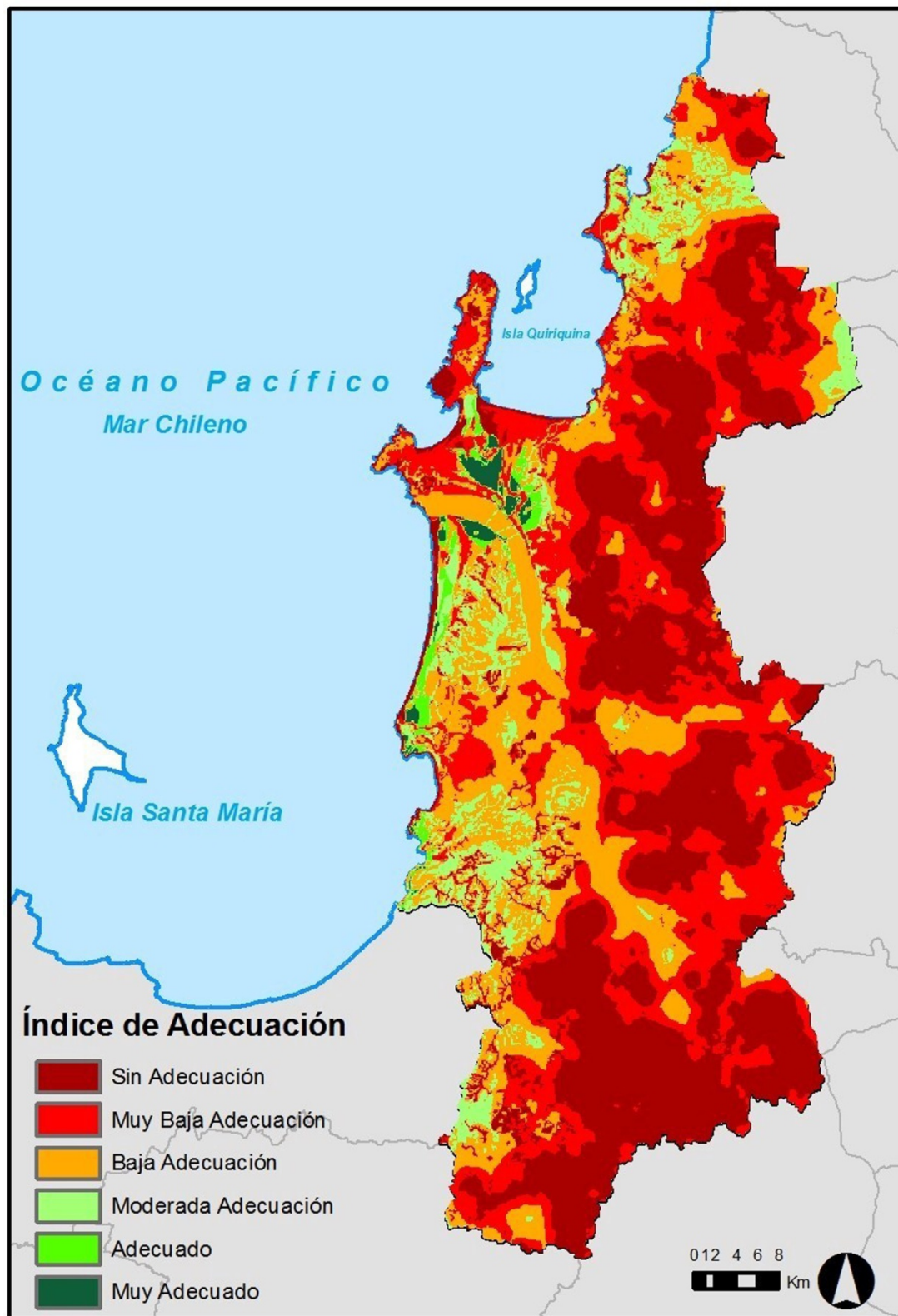
En cuanto a las áreas sin adecuación el 56,48% (IAA=1-2; 9.875,79 ha) se encuentra en la zona de extensión en pendiente y el 15,22% en la zona habitacional mixta (IAA=1-2; 2.662,65 ha), situación más perjudicial dada su condición de prioridad para la urbanización.

Figura 7.6. Índice de Adecuación Ambiental en Zonas de Extensión Urbana



Con respecto al total de la zonas sin adecuación, una solución propuesta y relativamente lógica, apuntaría a que éstas en un gran porcentaje hayan sido planificadas como espacios protegidos de la futura urbanización y no acogedores de ella, sin embargo de las 187.023,78 ha calificadas con un IAA 1-2, sólo un 15,7% se encuentra protegido por alguna restricción del plan. En su mayoría este tipo de terrenos han sido planificados como zonas rurales, representando el 69,91% de las áreas no adecuadas, destacando que éstas de alguna forma también son consideradas áreas de extensión, es decir, reservas para el crecimiento futuro, siempre y cuando se agoten las zonas de extensión contiguas a las áreas urbanizadas (Figura 7.7).

Figura 7.7. Mapa de Índice de Adecuación Ambiental



En resumen el 42,82% del territorio urbanizable se encuentra en lugares donde no existe una adecuada capacidad ambiental para acoger los nuevos desarrollos urbanos, éstos resultados se complementan bastante con el estudio de Baeriswyl, (2007), quien analiza el consumo de suelo realizando una proyección para el año 2017, determinando que la extensa deposición de suelo propuestos por el Plan supera 20 veces sus estimaciones. Por tanto, esta extensa superficie no se justifica, ni siquiera con el aumento del 20% de la población, crecimiento estimado a 1.083.128 habitantes para el año 2020 (INE, 2008) y pone a disposición suelos susceptibles de ser afectados por riesgos o sensibles que requieren protección. Probablemente estos resultados validan la reflexión de Arenas (2005), quien manifiesta claramente que la zonificación y los planes de regulación ya no dan cuenta de los procesos urbanos ni de su dinámica.

CONCLUSIONES

Capítulo

8. Conclusiones

8. CONCLUSIONES

8.1. CONCLUSIONES

Se considera que la investigación ha permitido evaluar el modelo territorial actual del *Área metropolitana de Concepción*, desde la mirada de la sostenibilidad y su proyección en las tendencias plasmadas en la planificación metropolitana vigente. Se ha hecho además con métodos que sirven para contrastar los resultados con otras áreas metropolitanas del país o del mundo. A pesar de ser diseñados para una zona en concreto, son perfectamente aplicables en otros territorios. Con respecto al caso particular estudiado, la investigación reconoce al territorio como un área metropolitana compleja, de reciente formación, cuyo crecimiento está muy condicionado por factores ambientales como el borde costero, la hidrografía y los cordones montañosos y socioeconómicos como el aumento de la población. Por supuesto, es un territorio en profunda reestructuración, hecho que claramente se demuestra con la división en nuevas administraciones comunales.

El desarrollo de los objetivos específicos (1) y (2), relacionados con la evolución reciente permitió reconocer un modelo que:

- Por sus dinámicas y patrones de crecimiento urbano refleja que con el paso del tiempo se ha vuelto una urbanización más dispersa y más compleja.
- Posee una conformación territorial que se organiza en general en un sistema bicéntrico, o más bien en un modelo policéntrico restringido, en el cual los dos centros principales (Concepción y Talcahuano) ejercen como articuladores y dinamizadores del territorio, pero también existe un impacto menor y más localizado de los subcentros o resto de las comunas.
- Las fuerzas que están interactuando en la expresión de formas policéntricas, tienen que ver con el modelo centrífugo en el área central, es decir Concepción y

Talcahuano crecieron de un modo que generaron nuevas áreas residenciales cada vez más lejos de sus centros. Éstas comenzaron a crear sus propias dinámicas y centros de producción y servicios, por tanto, tienen que consolidarse como centros independientes (Penco, Chiguayante y San Pedro). Por otro lado, el modelo de incorporación se presenta en municipios de desarrollo histórico que antes fueron autosuficientes en empleo y algunos servicios, y hoy necesitan pertenecer a un núcleo mayor para atraer actividades no residenciales que permitan diversificar su funciones económicas (Coronel y Tomé).

- Se organiza como un sistema de centros de distinto tamaño, que en principio siguió el modelo de mancha de aceite propio de la ciudad monocéntrica configurando una conurbación central. La población se distribuye en función de las distancias, dispersándose debido a la disminución de las densidades en periferias y distritos rurales de grandes extensiones territoriales.
- El sistema de centros tiende a la descentralización de la administración, por ejemplo de la planificación urbana y a una dispersión del uso residencial. El resto de los centros es muy dependiente de los dos centros principales, que incluso aumentan su ámbito de influencia al resto de la región. De todas formas no se puede confundir esta tendencia de crecimiento disperso con la evolución hacia las formas policéntricas, más aún cuando se está discutiendo, si el desarrollo policéntrico es el que probablemente más se adecúe al desarrollo de áreas metropolitanas compuestas por ciudades medias.

Con respecto del objetivo específico (3), relacionados con la sostenibilidad del modelo actual se pudo reconocer que:

- La utilización de indicadores resulta un método apropiado, ya que permiten conocer una visión general de la sostenibilidad y pueden ser contrastables con otras realidades metropolitanas. Los indicadores se ajustan a los criterios y

permiten reconocer patrones de las dimensiones del desarrollo sostenible, en el ámbito de la sostenibilidad débil. Se destaca como una aportación a un tema en discusión del cual pueden surgir otros sistemas de indicadores, ya que en absoluto pretenden ser únicos, exclusivos o los más apropiados para el análisis del territorio, coincidiendo con Nourry (2008) no existe un indicador perfecto de sostenibilidad y nadie puede dar una opinión exhaustiva de Desarrollo Sostenible.

- Las medidas específicas permiten establecer que el crecimiento urbano incide directamente en aspectos socioeconómicos y ambientales. Sobre éstos últimos la conectividad ecológica es clave, y el hecho que las coberturas con especies nativas posean menos conectividad implica una pérdida en la funcionalidad del paisaje. Sobre los aspectos socioeconómicos claramente en el crecimiento residencial han aumentado las distancias. A pesar que en la investigación sólo se estudian las formas urbanas y no los desarrollos inmobiliarios, se comprueba que este cambio también se refleja en un aumento en las distancias entre los grupos sociales, en desmedro de las mezclas urbanas y en pro de un fenómeno reciente como la segregación residencial y la disminución del uso del transporte público.

Con respecto del objetivo específico (4), relacionado con la sostenibilidad del modelo del modelo planificado se pudo reconocer que:

- La urbanización siempre afectará al ecosistema; tal como están definidas las áreas urbanizables en el vulnerable territorio del AMC. Se pierde naturalidad y conectividad ecológica, incluso en los espacios destinados a la conservación, más aún si la planificación de éstos implica un aislamiento, sin considerar el diseño de conectores o corredores ecológicos. La ventaja es que la evaluación ambiental ofrece la posibilidad de revertir las tendencias negativas del desarrollo urbanístico.
- El territorio se enfrentará a serios impactos si no revierte sus tendencias de urbanización y planificación. Los índices diagnosticaron pérdidas considerables de

naturalidad y conectividad, así como una considerable exposición a los riesgos naturales.

- La planificación en su escenario futuro insiste en la urbanización en zonas de baja adecuación ambiental y todo indica que las zonificaciones del suelo, ya no dan cuenta de las dinámicas metropolitanas.

El desarrollo de los objetivos mediante métodos apoyados por las **Tecnologías de información Geográfica** indica que:

- Reflejan claramente las potencialidades de las TIG. En este sentido en el capítulo 4 las técnicas de teledetección y los índices de forma, permiten satisfactoriamente aproximarse a conocer los patrones generales del conjunto y ciertas tendencias de la expansión urbana.
- En el capítulo 5 referente al estudio de la estructura funcional, los Sistemas de Información Geográfica apoyan la representación de las variables utilizadas, siendo la tecnología más adecuada para el cálculo de distancias entre los centros. Además estas funciones económicas están en desarrollo abriendo más posibilidades de aplicación.
- En el capítulo 6 referente a los indicadores territoriales de sostenibilidad, el desarrollo de extensiones de software (*script*) y herramientas específicas facilita ampliamente su cálculo. Si se conoce conceptualmente a qué análisis apunta cada índice, luego de forma sencilla se pueden introducir fórmulas aparentemente complejas en estas aplicaciones. Las nuevas herramientas de los SIG ya no están condicionadas a los paquetes comerciales; una interesante línea de investigación de los departamentos de análisis territorial ha sido la creación de programas gratuitos que dan soluciones a problemas espaciales, como las utilizadas en este estudio: *Patch Analysis* y *Segregation Analyzer*.

- En el capítulo 7 centrado en la evaluación ambiental del plan, las posibilidades de los SIG, específicamente de los análisis sobre capas de información raster, se pudo concretar la aplicación de índices novedosos y operativos en otras áreas metropolitanas, específicamente medidas concretas aplicables a nuevos planes intercomunales. Entre sus ventajas podemos mencionar que se requiere muy poca información, pero sí de calidad, además datos como las coberturas de suelo y riesgos naturales, necesariamente deben producirse al momento de elaboración de un plan.
- La principal limitante del uso de las Tecnologías de Información Geográfica en este estudio fue la fuerte dependencia de la disponibilidad y calidad de los datos espaciales. Sin duda, las aplicaciones aquí planteadas serían más ricas si incorporamos más información, pero se es consciente de que el proceso de levantamiento de datos para un país en vías de desarrollo es complejo, requiere tiempo, recursos y personal técnico capacitado.

8.2. DISCUSIÓN GENERAL

Una de las mencionadas aportaciones de esta tesis es el desarrollo de métodos que permiten contrastar nuestros resultados con otras investigaciones sobre el Área Metropolitana de Concepción. En este sentido la investigación trata de responder a uno de los desafíos planteados en el Atlas Socio Ambiental del territorio (Rojas et al., 2006), que sugiere generar instrumentos científicos para explorar nuevos métodos de análisis territorial y ampliar el conocimiento sobre planificación y ordenamiento territorial.

A diferencia de la mayoría de los estudios previos aplicados al AMC, que consideran sólo la conurbación central (Vásquez et al., 2005; Pauchard et al., 2006), en esta investigación se abarca todo el territorio metropolitano definido por el instrumento de planificación vigente desde el año 2003 (PRMC).

Los resultados aquí mostrados concuerdan con la mencionada tendencia hacia el aumento acelerado de la superficie urbana y la ocupación dispersa del territorio (Baeriswyl, 2007). Por medio de la interpretación de las manchas urbanas, se identificó la aparición de fragmentos y manchas más complejas, menos compactas y en localizaciones poco adecuadas, en general bajo la amenaza de riesgos naturales. Se observa que la forma compacta se mantiene en las zonas más rurales y en pequeños asentamientos costeros, es decir, en espacios más pequeños y menos urbanizados.

Producto de esta evolución dispersa, el área metropolitana ha sido catalogada como policéntrica y multifuncional (Vásquez et al., 2005). En este sentido, la presente investigación la define como una estructura bicéntrica, o más bien policéntrica restringida. Se concuerda con una visión más europea de la estructura urbana, que considera al desarrollo policéntrico como la alternativa a la dispersión y al desarrollo más equilibrado y sostenible (Comisión Europea, 1999; Hall, 2007) y desde este punto vista y de acuerdo a los resultados, el AMC no se entiende como una estructura policéntrica consolidada y equilibrada, ya que evidentemente las mayores oportunidades se siguen concentrando en dos de sus centros (Concepción y Talcahuano). De acuerdo a las pautas del modelo policéntrico más sostenible, el AMC debería apuntar a consolidar los sistemas de transporte público (caída de los costos de desplazamiento de la residencia al trabajo), que integren estos nuevos suburbios de crecimiento y permitan una complementariedad funcional que apunte a una distribución más equilibrada de las funciones metropolitanas, estimulando las redes urbanas y las sinergias entre las ciudades.

En cualquier caso, a menudo los términos de **policentralidad, fragmentación y dispersión** son tratados como sinónimos. Según los resultados obtenidos, estos conceptos están muy relacionados, pero no se incluye a la policentralidad como manifestación de la dispersión del crecimiento urbano, de hecho la mancha de aceite,

en general más típica del modelo monocéntrico, ha evolucionado de forma dispersa alrededor de Concepción. Además un modelo policéntrico no implica necesariamente una urbanización en periferia, un área metropolitana extendida, segregada y conurbada, no es sinónimo de una policentralidad consolidada y equilibrada.

Desde la evaluación de la **sostenibilidad** de las estructuras (física y funcional), los índices planteados son una propuesta y no corresponden con ninguno de los indicadores de sostenibilidad más difundidos, como la medición del consumo energético, emisiones de CO₂, desarrollo humano y huella ecológica, probablemente esta última sea la más aplicada (Böhringer y Jochem, 2007; Moran et al., 2008; Nourry, 2008; Siche et al., 2008).

Esta propuesta se complementan con las medidas plateadas para evaluar la diagnosticada pérdida de sustentabilidad ambiental (Vásquez et al., 2005; Romero et al., 2007), sin embargo la postura de la presente investigación va más allá de lo ambiental, incorporando medidas de factores importantes como el transporte público y las desigualdades sociales. Aunque en su interpretación es más difícil encontrar referencias de umbrales o parámetros que ayuden a determinar cuáles son las situaciones o relaciones espaciales más sostenibles, teniendo que optar por juicios de valor, muy dependientes de la mirada de los investigadores y los rangos de las medidas aplicadas.

La evaluación del modelo actual tiene mayor relación con la **sostenibilidad débil** y trata de abarcar todas las dimensiones del desarrollo sostenible. En cambio, la evaluación del modelo de planificación, se enmarca en una visión absolutamente más conservacionista de los recursos naturales (se utilizan los máximos de los índices ambientales), ligada a la **sostenibilidad fuerte**. Por lo mismo, los resultados parecen un tanto alarmantes, dada la cantidad de superficie que se ve impactada por el desarrollo urbano propuesto por el plan. La evaluación realizada contrasta con la

efectividad de la visión ambiental incorporada desde la elaboración del instrumento, que realizó evaluaciones entre el desarrollo urbano y el medio ambiente (PRMC, 2001).

De todas formas la evaluación propuesta, no se puede confundir con la **evaluación de impacto ambiental** sugerida por Ley y realizada para el plan, pues está se basa en los efectos como proyecto y dada su aprobación, está claro que no los produce, ya que es un requisito normativo fundamental. La propuesta planteada se concibe como un método de evaluación de la sostenibilidad ambiental, muy relacionado con la **evaluación ambiental estratégica**. También es interesante recalcar que los índices planteados, no descalifican la zonificación propuesta por el plan. Recordemos que su objetivo tiene un fin metodológico y no de planeamiento de nuevas áreas urbanas. Aunque si permite discutir y reflexionar al respecto de mejoras sobre planeamiento y revertir tendencias negativas, pero ahí entran en juego las decisiones políticas.

Considerando las pérdidas de naturalidad y conectividad, cobran más sentido las recomendaciones que sugieren Pino et al. (2006) y que apuntan a conservar la biodiversidad dentro de los espacios protegidos o mosaicos heterogéneos de hábitats sin caer en fragmentación del paisaje; reconocer que las áreas protegidas no son las únicas que albergan especies de interés; desarrollar conexiones amplias que mantengan la diversidad y el funcionamiento ecológico del territorio (corredores) y también mantener la diversidad de las especies y hábitats que se concentran en la matriz territorial o espacio urbanizado.

Finalmente se concuerda con Rojas et al. (2006), en el sentido que muchos de los cambios recientes tienen que ser entendidos desde la evolución de la sociedad chilena, impulsada fundamentalmente por la actividad económica.

8.3. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Se pueden abordar desde dos puntos de vista, primero sobre las acciones concretas a corto plazo y segundo las temáticas que dan continuidad a las problemáticas planteadas, abordables a medio plazo.

Desde el primer enfoque, aunque puede parecer un tanto básico, la primera acción a realizar o a proponer por el autor, es sin duda generar proyectos para la obtención de recursos que permitan el levantamiento y actualización de datos espaciales. Por ejemplo, el AMC requiere urgentemente un mapa actualizado de coberturas de suelo. Este puede realizarse con la utilización de imágenes satelitales (capítulo 4), siguiendo experiencias como la del programa europeo *Corine Land Cover*. Un nuevo mapa no sólo para el espacio metropolitano sino para la región, dado el crecimiento de otros centros urbanos como Chillán y Los Ángeles (Henríquez et al., 2006; Azócar et al., 2007).

Desde las aplicaciones metodológicas, para el estudio de la mancha urbana será interesante probar otras técnicas de teledetección, para contrastar los resultados y afinar más la discriminación de las formas urbanas, ya que éstas siguen generando mucha confusión con otras coberturas. La opción realizada corresponde a una primera aproximación, ya que el objetivo se relaciona más a la forma de la mancha que a su proceso de captura. A su vez se optó por técnicas de teledetección, por la disponibilidad gratuita de imágenes y porque un análisis visual a esa escala, implica una interpretación más subjetiva. Recientes artículos sugieren realizar las clasificaciones no supervisadas como método previo a un análisis supervisado, pero desde nuestro punto de vista, las áreas urbanas requieren de imágenes de alta resolución, por lo demás muy costosas, que permitan identificar con claridad las formas y texturas urbanas; la obtención de la mancha generalizada implica la pérdida de las formas interiores, que en sí mismas pueden reflejar una mayor complejidad. Al respecto del análisis de las

manchas se puede profundizar en la aplicación de indicadores que permitan evaluar el resto de las dimensiones del *urban sprawl*, ya que por el momento se analizó la compacidad, complejidad, centralidad y densidad.

En el estudio de la estructura funcional es importante continuar con el análisis de las estructuras policéntricas utilizando modelos de densidad, será muy interesante incorporar la densidad de empleos, sin duda la identificación de los puestos de trabajo localizados ayudará a determinar conclusiones más exactas. Para ello será necesario esperar que la próxima encuesta origen-destino (2009) pueda relacionarse con los resultados del nuevo censo (2012).

El nuevo censo también abre posibilidades para realizar un estudio de tendencia de la sostenibilidad, un análisis temporal (2002 – 2012) resultará muy beneficioso e interesante para identificar pautas de comportamiento, por ejemplo sobre la ganancia y pérdida de sostenibilidad, el crecimiento urbano, la evolución de la policentralidad, además estos datos se pueden complementar con la nueva encuesta origen-destino (2009), incorporando aspectos de la movilidad, como la cobertura y el servicio de transporte público.

En la evaluación ambiental queda pendiente la valoración de la conectividad del paisaje en las zonas húmedas, ecosistemas únicos por su elevada diversidad y conectividad que ejercen entre las zonas montañosas de la cordillera de costa y las llanuras.

A medio plazo la investigación puede derivar en estudios orientados a:

- Las formas de crecimiento urbano vistas no solo desde la aplicación de indicadores de ecología del paisaje, sino también desde otra corriente de investigación, por ejemplo la geometría fractal como medio de comprensión de la forma física y planificada de la ciudad (Batty y Longley, 1996).

- Estudios de escala nacional o continental que permitan establecer comparaciones entre áreas metropolitanas, por medio de un índice único de dispersión o probar algunos ya existentes (López y Hynes, 2003), intentando asociar todas las dimensiones del *urban sprawl*.
- Profundizar en nuevos aspectos intraurbanos del área metropolitana como la mezcla de usos de suelo y la diversidad. Existen algunas propuestas como las de Galster et al. (2001), que relaciona, el número total de las clases de usos con la densidad de usos en una misma área; otros autores han probado medidas ya establecidas como el índice de entropía o índice de Shannon (Jat et al., 2008).
- En el análisis de la estructura funcional una nueva línea será el análisis de la variable empleo con funciones de densidad. En este sentido, se pueden probar otras funciones, por ejemplo las exponenciales utilizadas en la explicación de estructuras policéntricas.
- Profundizar en el conocimiento del espacio natural metropolitano, los factores físicos son tan importantes y condicionantes para el desarrollo urbano, que será muy interesante realizar un estudio sobre la definición de unidades de paisaje, de las cuales el equipo de Geografía Física de la Universidad Concepción, ya tiene avanzados los sectores de las cuencas de Pingueral y Andalién.
- Seguir en el desafío de diseñar métodos para el análisis de la sostenibilidad e indicadores que apunten a los análisis de las relaciones entre las dimensiones de la sostenibilidad, desde los aspectos ambientales pueden ser útiles los análisis de cambios de usos de suelo y de los socioeconómicos la medición de la segregación en escalas más detalladas (manzanas o sectores urbanos), identificando tipologías residenciales y sociales que se relacionarían con el comportamiento de la movilidad.

- La movilidad también se puede estudiar en más detalle y por medio de sus patrones identificar tendencias en las estructuras de las redes y modos de viaje, también se puede abarcar desde la perspectiva del diseño de indicadores de transporte más sostenible (Díaz et al., 2007a), especialmente cuando desde el año 2005 comenzaron a operar algunas medidas del nuevo sistema de transporte Biovías.
- En la línea de la planificación, el estudio puede extenderse al diseño de espacios naturales protegidos por medio de la identificación de corredores ecológicos que mantengan la funcionalidad del paisaje rural y natural. También se pueden desarrollar métodos para seleccionar los sitios más apropiados para las zonas urbanizables y la localización de equipamientos en las nuevas zonificaciones de planes reguladores e intercomunales de la región, ya sea mediante la relación de técnicas de evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica u otras.
- Al respecto de la evaluación ambiental, será interesante abordar otros aspectos que se relacionan con los ya evaluados, por ejemplo la singularidad y la diversidad del paisaje.
- Con respecto de la planificación, también será interesante generar instrumentos que permitan comprobar y garantizar la coherencia vertical entre los planes.
- Por último, y mediante el apoyo informático, se contempla la posibilidad de difundir la información producida en esta tesis, con la finalidad de fomentar la participación pública y la gobernanza territorial.

Referencias Bibliográficas

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adriaensen, F., Chardon, J.P., De Blust, G., Swinnen, E., Villalba, S., Gulinck, H. y Matthysen, E. (2003). The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning*, 64: 233-247.

Agencia de Promoción Científica y Tecnológica de la Secretaria de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva de la Nación. (2007) [en línea]. Atlas ambiental de Buenos Aires. [consultado 10 Octubre 2007]. Disponible en <<http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar>>.

Alberti, M. y Susskind, L. (1996). Managing Urban Sustainability: An Introduction to the Special Issue. *Environmental Impact Assessment Review*, 16: 213-221.

Alfsen, K. y Greaker, M. (2007). From natural resources and environmental accounting to construction of indicators for sustainable development. *Ecological Economics*, 61: 600-610.

Apparicio, P., Petkevitch, V. y Charron, M. (2008) [en línea]. Segregation Analyzer: a C#.Net application for calculating residential segregation indices. *Cybergeog: Revue européenne de géographie, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques* [consultado 15 Mayo 2008]. Disponible en <www.cybergeog.eu/index16443.html?file=1>.

Arenas, F. (2005) [en línea]. Siete Claves para discutir acerca de la Planificación Urbana en Chile. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales Bibio 3W*, [consultado 28 Mayo 2007]. Disponible en <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-592.htm>>.

Ascher, F. (2004). *Los Nuevos Principios del Urbanismo*. Editorial Alianza, Madrid, España.

Azócar, G., Romero, H., Sanhueza, R., Vega, C., Aguayo, M. y Muñoz, M.D. (2007). Urbanization patterns and their impacts on social restructuring of urban space in Chilean mid-cities: The case of Los Angeles, Central Chile. *Land Use Policy*, 24: 199-211.

Baeriswyl, S. (2007). Patrones de Ocupación del Gran Concepción, A través del modelo de consumo de suelo. *Coloquio del Pais Urbano al Pais Metropolitano (cd congreso)*, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.

- Balocco, C. y Grazzini, G. (2006). Sustainability and information in urban system analysis. *Energy Policy*, 34: 2905-2914.
- Batty, M. y Longley, P. (1996). *Fractal Cities*. Academic Press, Londres, RU.
- Bavoux, J-J. (2005). *Introduction à l'analyse spatiale*. Synthèse, Paris, Francia.
- Becerril-Padua, M. (2000) [en línea]. Policentrismo en las ciudades latinoamericanas. El caso de Santiago de Chile. *Theomai*, [consultado 24 Julio 2007]. Disponible en <redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/124/12400108.pdf>.
- Blanco, H., Wautiez, F., Llaveró, A. y Riveros, C. (2001). Indicadores regionales de desarrollo sustentable en Chile: ¿Hasta qué punto son útiles y necesarios?. *Estudios Urbanos Regionales EURE*, 27 N°81: 85-95.
- Böhringer, C. y Jochem, P. (2007). Measuring the immeasurable - A survey of sustainability indices. *Ecological Economics*, 63: 1-8.
- Botequilha Leitão, A. y Ahern, J. (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59: 65-93.
- Bustamante, R. y Grez, A. (1995). Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y Desarrollo*, XI N°2: 58-63.
- Carsjens, G. y Ligtenberg, A. (2006). A GIS - based support tool for sustainable spatial planning in metropolitan areas. *Landscape and Urban Planning*, 80: 72-83.
- Cavieres, L., Mihoc, M., Marticorena, A., Marticorena, C., Baeza, C. y Arroyo, M. (2005). Flora vascular de la Cordillera de la Costa en la región del Bío-Bío: riqueza de especies, géneros, familias y endemismos. En: C. Smith, J. Armesto y C. Valdovinos (Editores), *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile*: 245-252.
- Clark, B. (1997). Alcance y Objetivos de la evaluación ambiental estratégica (EAE). *Estudios públicos*, 65: 1-22.
- Comisión Europea. (1999) [en línea]. Estrategia Territorial Europea. Hacia un desarrollo equilibrado y sostenible del territorio de la Unión Europea. [consultado 15 Junio 2008]. Disponible en <http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/official/reports/pdf/sum_es.pdf>.

Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA. (2002) [en línea]. Ejemplos y aplicaciones de la Evaluación Ambiental Estratégica. [consultado 17 Junio 2008]. Disponible en <<http://www.conama.cl/rm/568/article-7378.html>>.

Corry, R.C. y Nassauer, J.I. (2005). Limitations of using landscape pattern indices to evaluate the ecological consequences of alternative plans and designs. *Landscape and Urban Planning*, 72: 265-280.

Craig, S.G. y Ng, P.T. (2001). Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcenters in a Multicentric Urban Area. *Journal of Urban Economics*, 49: 100-120.

Chae, H.S., Kim, S.J. y Ryu, J.A. (1997). A classification of multitemporal Landsat TM data using principal component analysis and artificial neural network *Geoscience and Remote Sensing*, 1: 517-520.

Champion, A. (2001). A Changing Demographic Regime and Evolving Polycentric Urban Regions: Consequences for the Size, Composition and Distribution of City Populations. *Urban Studies*, 38 N°4: 657-677.

De Bartolome, C. y Ross, S.L. (2007). Community income distributions in a metropolitan area. *Journal of Urban Economics*, 61: 496-518.

De Mattos, C. (1999). Santiago de Chile, globalización y expansión metropolitana: lo que existía sigue existiendo. *Estudios urbanos regionales EURE*, 25 N°76: 29-56.

De Mattos, C. y Hidalgo, R. (Editores). 2007. *Santiago de Chile: Movilidad Espacial y Reconfiguración Metropolitana*. Colección EURE Libros, Serie GEOLibros N°8, Santiago de Chile.

Del Fávero, G. y Katz, R. (1996). La evaluación ambiental estratégica (EAE) y su aplicación a políticas programas y planes. *Estudios públicos* 64: 95 -106.

Diamantini, C. y Zanon, B. (2000). Planning the urban sustainable development The case of the plan for the province of Trento, Italy. *Environmental Impact Assessment Review*, 20: 299-310.

Díaz, M.Á., Cantergiani, C., Salado, M.J., Rojas, C. y Gutiérrez, S. (2007a). Propuesta de un sistema de indicadores de sostenibilidad para la movilidad y el transporte urbanos. Aplicación mediante SIG a la ciudad de Alcalá de Henares. *Cuadernos de Geografía Universidad de Valencia*, N°81-82: 31-49.

Díaz, M.Á., Jiménez, F. y Lorente, I. (2002). Estructura territorial y relaciones funcionales en el Corredor del Henares: una aproximación desde la movilidad diaria de la población. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 22: 301-327.

Díaz, M.Á., Salado, M.J., Rojas, C., Cantergiani, C. y Gutiérrez, S. (2007b). Sobre la sostenibilidad de los Modelos Territoriales Urbanos. Experiencias y Reflexiones. (No publicado)

Ducci, M.E. (1998). ¿Una Mancha de aceite sin fin? ¿Qué pasa con la población cuando la ciudad crece indiscriminadamente?. *Estudios urbanos regionales EURE*, 24 N°72: 85-94.

Escolano, S. (2002). Densidad de población y sustentabilidad en la ciudad de Zaragoza. En: L. Longares .J y L. Peña (Editores), *Aportaciones geográficas en memoria del profesor Miguel Yetano Ruiz*. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza: 173-182.

European Parliament. (2001) [en línea]. Directive 2001/42/EC of the European Parliament and of the council on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment [consultado 20 Junio 2008]. Disponible en <<http://www.environ.ie/en/Publications/Environment/Miscellaneous/FileDownload,1805,en.pdf>>.

Ezquiaga, J.M. (1998) [en línea]. ¿Cambio de estilo o cambio de paradigma? *Urban*, [consultado 8 Marzo 2007]. Disponible en <<ftp://Usuario:duyot@138.100.41.238/FTP/web/urban/urban2/b.pdf>>.

Feria, J.M. (2006). Los Procesos Metropolitanos como expresión relevante de la nueva realidad territorial. En: J.M. Feria (Editor), *Los Procesos Metropolitanos: Materiales para una aproximación inicial*. Centro de Estudios Andaluces, Sevilla: 11-15.

Folch, R. (Editor) 2003. *El territorio como sistema. Conceptos y herramientas de ordenación* Diputación de Barcelona, Barcelona, España.

Foltête, J., Berthier, K. y Cosson, J. (2008). Cost Distance defined by a topological function of Landscape. *Ecological Modelling*, 210: 104-114.

Font, A. (Editor) 2003. *Planeamiento urbanístico. De la controversia a la renovación* Diputación de Barcelona, Barcelona, España.

Forman, R.T.T. (2004). *Mosaico Territorial para la región metropolitana de Barcelona*. Gustavo Gili, SA, Barcelona, España.

Franchini, T. y Dal Cin, A. (2000). Indicadores urbanos y Sostenibilidad. Hacia la definición de un umbral de consumo sostenible de suelo. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 123: 41-55.

Gaete, H. (2003). La Administración del Urbanismo en Chile: Marco Global para la gestión privada y pública. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, XXXV (135): 99-117.

Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M., Wolman, M., Coleman, S. y Freihage, J. (2001). Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept. *Housing Policy Debate*, 12: 681-717.

García-López, M. y Muñiz, I. (2007). ¿Policentrismo o dispersión? Una aproximación desde la nueva economía urbana. *Investigaciones Regionales*, 11: 25-43.

García-López, M-Á. (2008). Quince años de suburbanización en la Barcelona Metropolitana, ¿Se está dispersando la población? *Investigaciones Económicas*, XXXII (1): 53-86.

García, F. (2008). Participación ciudadana y desarrollo territorial sostenible. En: Gobierno de Canarias (Editor), *Sociedad Civil Organizada y Desarrollo Sostenible*, Gobierno de Canarias: 37 -54.

Gasparatos, A., El - Haram, M. y Horner, M. (2007). A critical review of reductionist approaches for assessing the progress towards sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, 28: 286-311.

Generalitat de Catalunya y Universidad Politécnica de Catalunya. (2003) [en línea]. Estudi de criteris ambientals per a la redacció del planejament urbanístic. [consultado 20 Enero 2006]. Disponible en <http://www.gencat.net/mediamb/sosten/estudi_criteris_ambientals_planejament.htm>.

Giuliano, G. y Small, K. (1991). Subcenters in the Los Angeles region. *Regional Science and Urban Economics*, 21: 163-182.

Giuliano, G. y Small, K. (1999). The determinants of growth of employment subcenters. *Journal of Transport Geography*, 7: 189-201.

Gobierno de Chile. (1975). Ley General de Urbanismo y Construcción.

Gobierno de Chile. (2005). Circular N°56.

Gobierno de Chile-Comisión Nacional del Medio Ambiente. (1994). Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.

Gobierno de Chile-Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU. (2003). Plan Regulador Metropolitano de Concepción Memoria Explicativa.

Gobierno de Chile-Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU. (2006) [en línea]. Diagnóstico Urbano 1990 - 2006. [consultado 28 Diciembre 2006]. Disponible en <<http://www.observatoriourbano.cl/docs/pdf/Diagn%C3%B3stico%20Urbano%20Completo%20actualizaci%C3%B3n%20mayo%202007revisado%20junio.pdf>>.

Gobierno de Chile-Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU. (2008) [en línea]. Informe Semestral actualidad Instrumentos de Planificación Territorial. [consultado 5 Julio 2008]. Disponible en <http://www.minvu.cl/opensite_20070427120909.aspx>.

Gobierno de España-Ministerio de Medio Ambiente. (2006) [en línea]. Estrategia de Medio Ambiente Urbano. [consultado 11 Enero 2007]. Disponible en <<http://www.bcnecologia.net/documentos/estrategia.pdf>>.

González, M.J. y De Lázaro y Torres, M.L. (2005) [en línea]. Indicadores Básicos para la Planificación de la Sostenibilidad Urbana Local. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales Bibio 3W*, [consultado 15 Diciembre 2006]. Disponible en <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-586.htm>>.

Gutiérrez, J. y García-Palomares, J. (2005). Cambios en la movilidad en el área metropolitana de Madrid el creciente uso del transporte privado. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 25: 331-351.

Gutiérrez, J. y García-Palomares, J. (2007). New Spatial patterns of mobility withing the metropolitan area of Madrid: Towards more complex and dispersed flow networks. *Journal of Transport Geography*, 15: 18-30.

Hall, P. (Editor) 2007. *Congreso Regiones Capitales*, Madrid, España.

Helmer, E.H. (2004). Forest Conservation and land development in Puerto Rico. *Landscape Ecology*, 19: 29-40.

Henríquez, C., Azócar, G. y Romero, H. (2006). Monitoring and modeling the urban growth of two mid-sized Chilean cities. *Habitat International*, 30: 945-964.

Horner, M. (2007). A Multi - scale analysis of urban form and communiting change in a small metropolitan area (1990 - 2000). *The Annals of Regional Science*, 41 N°2: 315 – 332.

Huang, J., Lu, X.X. y Sellers, J.M. (2007). A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, 82: 184-197.

Ibisate González de Matauco, A. (2004). Análisis Morfométrico de la cuenca y la red de drenaje del Río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 38: 311 – 329.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (1992) [en línea]. Censo Nacional de Población y Vivienda 1992. [consultado 10 Enero 2007]. Disponible en <<http://espino.ine.cl/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPCHL1992COM&MAIN=WebServerMain.inl>>.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2002) [en línea]. Censo Nacional de Población y Vivienda 2002. [consultado 10 Enero 2007]. Disponible en <<http://espino.ine.cl/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPCHL2KCOM&MAIN=WebServerMain.inl>>.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2008) [en línea]. Proyecciones de Población [consultado 27 Julio 2008]. Disponible en <www.ine.cl>.

Irwin, E. y Bockstael, N. (2007). The evolution of urban sprawl: Evidence of spatial heterogeneity and increasing land fragmentation. *PNAS*, 104 N°52: 20672-20677

Jaque, E. y Aguilera, C. (2004). Evaluación de áreas óptimas para el uso habitacional: caso de estudio San Pedro de la Paz. *XXV Congreso Nacional y V Congreso Internacional de Geografía*, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

Jat, M.K., Garg, P.K. y Khare, D. (2008). Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10: 26-43.

Jiricka, A. y Pröbstl, U. (2008). SEA in local land use planning - first experience in the Alpine States. *Environmental Impact Assessment Review*, 28: 328-337.

Johnson, J. (1980). *Geografía Urbana*. Elementos de Geografía – Oikos, Barcelona, España.

Kwok, R. y Yeh, A. (2004). The use of modal accessibility gap as an indicator for sustainable transport development. *Environment and Planning A*, 36: 921 – 936.

Lara, J. (2004). Representación de la distribución de población mediante SIG: el uso de la técnica "Density Surface". En: C. García, Y. Álvarez y C. Granell (Editores), *XI Congreso de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección* Murcia, España: 455-470.

Leboreiro, A. (1999) [en línea]. De la teoría a la práctica en la planificación territorial. *Urban* [consultado 8 Marzo 2007]. Disponible en <<http://www.aq.upm.es/Departamentos/Urbanismo/public/urban/num/num.html>>.

Lee, Y.-J. y Huang, C.-M. (2007). Sustainability index for Taipei. *Environmental Impact Assessment Review*, 27: 505-521.

Li, X. y Yeh, A. (1998). Principal component analysis of stacked multi - temporal images for the monitoring of rapid urban expansion in the Pearl River Delta. *International Journal Remote Sensing*, 18: 1501 – 1518.

López, R. y Hynes, P. (2003). Sprawl in the 1990s Measurement, Distribution, and Trends. *Urban Affairs Review*, 38 325 – 355.

Maestu, J., Prats, F., Velásquez, I., Del Acamara, G., Blanco, I., Rodríguez, M., Disougi, M. y Naredo, M. (2003). *Bases para la evaluación de la sostenibilidad en proyectos urbanos*. Ministerio de Medio Ambiente Gobierno de España, Madrid, España..

Malczewski, J. (2004). GIS - Based land -used suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning*, 62: 3-65.

Mallarach, J.M. y Marull, J. (2006). Impact assessment of ecological connectivity at the regional level: recent developments in the Barcelona Metropolitan Area. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 24 N°2: 1-11.

Mardones, M. y Vidal, C. (2001). La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción *Estudios Urbanos Regionales EURE*, 27 N°81: 97-122.

Martín, Q., Cabero, M.T. y del Rosario de Paz, Y. (2007). *Tratamiento estadístico de datos con SPSS*. Thomson, Madrid, España..

Martinuzzi, S., Gould, W.A. y Ramos Gonzalez, O.M. (2007). Land development, land use, and urban sprawl in Puerto Rico integrating remote sensing and population census data. *Landscape and Urban Planning*, 79: 288-297.

Martori, J. y Hoberg, K. (2004) [en línea]. Indicadores cuantitativos de Segregación Residencial. El caso de la Población Inmigrante en Barcelona. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales Scripta Nova*, [consultado 2 Noviembre 2007]. Disponible en <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-169.htm>>.

Martori, J. y Hoberg, K. (2006). Distribución Espacial de la Población Inmigrante en los Municipios Catalanes: Igualdad, Exposición, Concentración y Centralidad. *Revista Migraciones*, 19: 87-112.

Martori, J., Hoberg, K. y Surinach, J. (2006). Población Inmigrante y Espacio Urbano. Indicadores de Segregación y Pautas de Localización *Estudios Urbanos Regionales EURE*, 32 N°97: 49 – 62.

Marull, J. (2005) [en línea]. Metodologías paramétricas para la evaluación ambiental estratégica. *Revista Ecosistemas* [consultado 10 Noviembre 2007]. Disponible en <www.revistaecosistemas.net/pdfs/99.pdf>.

Marull, J. y Mallarach, J.M. (2002) [en línea]. La conectividad ecológica en el Área Metropolitana de Barcelona. *Revista Ecosistemas*, [consultado 20 Noviembre 2007]. Disponible en <<http://www.um.es/gtiweb/allmetadata/conectividad%20ecologica.htm>>.

Marull, J. y Mallarach, J.M. (2005). A GIS methodology for assessing ecological connectivity: application to the Barcelona Metropolitan Area. *Landscape and Urban Planning*, 71: 243-262.

Marull, J., Pino, J., Carreras, J., Ferré, A., Cordobilla, M.J., Llinàs, J., Rodà, F., Carrillo, E. y Ninot, J. (2004). Primera proposta d'índex del valor del patrimoni natural de Catalunya (IVPN), una eina cartogràfica per a l'avaluació ambiental estratègica. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 72: 115-138.

Marull, J., Pino, J., Mallarach, J.M. y Cordobilla, M.J. (2007). A Land Suitability Index for Strategic Environmental Assessment in metropolitan areas. *Landscape and Urban Planning*, 81: 200-212.

McDonald, J. y Prather, P. (1994). Suburban Employment Centres: The case of Chicago. *Urban Studies*, 31 N°2: 201 – 218.

Moran, D.D., Wackernagel, M., Kitzes, J.A., Goldfinger, S.H. y Boutaud, A. (2008). Measuring sustainable development - Nation by nation. *Ecological Economics*, 64: 470-474.

Muñiz, I., Galindo, A. y García-López, M. (2005) [en línea]. Descentralización, Integración y Policentrismo en Barcelona. [consultado 5 Junio 2007]. Disponible en <<http://ideas.repec.org/p/uab/wprdea/wpdea0505.html>>.

Muñiz, I., García-Lopez, M. y Galindo, A. (2008). The Effect of Employment Sub - Centers on Population Density in Barcelona. *Urban Studies*, 45: 627-649.

Nourry, M. (2008). Measuring sustainable development: Some empirical evidence for France from eight alternative indicators. *Ecological Economics*, In Press, Corrected Proof:

Núñez, F. y Roca, J. (2007). Especificación y estimación de modelos de formación de precios de suelo urbano en el Gran Concepción, Chile. *Architecture, City and Environment ACE*, 2: 555-583.

Oñate, J., Pereira, D., Suárez, F., Rodríguez, J.J. y Cachón, J. (2002). Evaluación Ambiental Estratégica. La Evaluación Ambiental de Políticas, Planes y Programas Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España..

Ooi, G. (2005). *Sustainability and Cities Concept and Assessment*. Institute of Policy Studies, Singapur.

Opdam, P., Foppen, R. y Vos, C. (2002). Bridging the gap between ecology and spatial planning in landscape ecology. *Landscape Ecology*, 16: 767-779.

Otero, I., Varela, E., Mancebo, S. y García, M. (2006). Modelo de Localización de áreas potencialmente urbanizables: aplicación al Corredor del Henares. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 148: 331-351.

Pauchard, A., Aguayo, M., Peña, E. y Urrutia, R. (2006). Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast - growing metropolitan area (Concepción , Chile). *Biological Conservation* 127: 272- 281.

Pauleit, S. y Duhme, F. (2000). Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 52: 1-20.

Pérez, L. y Salinas, E. (2007) [en línea]. Crecimiento Urbano y Globalización: Transformaciones del Área Metropolitana de Concepción, Chile, 1992-2002. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales Scripta Nova*, [consultado 10 Octubre 2007]. Disponible en <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-251.htm>>.

Pérez, L., González, C. y Salinas, E. (2008) [en línea]. Nuevas formas y nuevos contenidos. Nueve paisajes residenciales en el Área Metropolitana de Concepción (AMC), Chile. *X Coloquio Internacional de Geocrítica - Diez años de cambios en el mundo, en la geografía y en las ciencias sociales, 1999-2008*, Universidad de Barcelona, Barcelona, España, [consultado 15 Julio 2008]. Disponible en <<http://www.ub.es/geocrit/-xcol/385.htm>>.

Pino, J., Marull, J. y Cordobilla, M.J. (2008). How much do ecological networks contribute to connectivity? A case study at planning scale in the Barcelona Metropolitan Region (NE of Spain). No publicado.

Pino, J., Rodà, F. y Guirado, M. (2006). La ecología del paisaje y la gestión de la matriz de espacios abiertos. En: R. Mata y Á. Tarroja (Editores), *El paisaje y la gestión del territorio Criterios paisajísticos en la ordenación del territorio y el urbanismo*. Diputació Barcelona, Barcelona: 61-78.

Precedo, A. (1996). *Ciudad y Desarrollo Urbano*. Síntesis, Madrid, España.

Precedo, A. (2003). La ciudad en el territorio: nuevas redes, nuevas realidades. En: L. López Trigal, C. Relea Fernández y J. Somoza Medina (Editores), *VI Coloquio de Geografía Urbana "La Ciudad: Nuevos Procesos, Nuevas Respuestas"*, León - España.

PRMC. (2001). Actualización Plan Regulador Metropolitano de Concepción *Urbano*, 4: 16-24.

Redfearn, C.L. (2007). The topography of metropolitan employment: Identifying centers of employment in a polycentric urban area. *Journal of Urban Economics*, 61: 519-541.

Repetti, A. y Desthieux, G. (2006). A Relational Indicatorset Model for urban land-use planning and management: Methodological approach and application in two case studies. *Landscape and Urban Planning*, 77: 196 – 215.

Rodríguez, M., Pedernera, P. y Castillo, M. (2000). Descripción del paisaje en la región metropolitana: Una primera aproximación *Ciencias Forestales*, 14 - 15 N°1-2: 29 - 37

Rojas, J., Azócar, G., Vega, C., Kindler, A. y Kabish, S. (2006). Atlas Social y Ambiental del Área Metropolitana de Concepción Región del Bío-Bío, Chile. Transformaciones sociodemográficas y ambientales 1992 - 2002, Concepción.

Rojas Quezada, C., Díaz, M.Á. y Jaque, E. (2008). Sostenibilidad Urbana una propuesta para evaluar los planes reguladores chilenos. *Revista Urbano (En prensas)*.

Rojas Quezada, C., Díaz, M.Á. y Jaque, E. (2006). Diseño de un sistema de indicadores de planeamiento urbano sostenible aplicado al Plan Regulador Comunal de Tomé. *Anales Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* 184-189.

Romero, H., Henríquez, C., Azócar, G., Vásquez, A., Do Souza, N., Riveros, S. y Morán, A. (2005). Sistemas de Información Geográfica para el Desarrollo Sustentable de las ciudades chilenas. *2º Congreso de Ciudad y Territorial*, Concepción: 52-56.

Romero, H., Molina, M., Moscoso, C., Sarricolea, P. y Smith, P. (2007). Caracterización de los cambios de usos y coberturas de suelos causados por la expansión urbana de Santiago, análisis estadístico de sus factores explicativos e inferencias ambientales. En: C. De Mattos y R. Hidalgo (Editores), *Santiago de Chile. Movilidad espacial y reconfiguración metropolitana*. Eure libros - Geolibros, Santiago de Chile.

Romero, H., Moscoso, C. y Smith, P. (2007). Lecciones y conclusiones sobre la falta de sustentabilidad ambiental del crecimiento urbano espacial de las ciudades chilenas. *Coloquio Del País Urbano al país Metropolitano*, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.

Romero, H., Toledo, X., Ordenes, F. y Vásquez, A. (2001). Ecología urbana y gestión ambiental sustentable de las ciudades intermedias chilenas. *Ambiente y Desarrollo*, XVII: 45-51.

Romero, H., Vásquez, A. y Souza, N. (2005). Patrones Espaciales de Crecimiento Urbano y sus efectos ambientales en la metrópolis de Valparaíso. *XXVI Congreso Nacional y XVI Congreso Internacional de Geografía Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, Pontificia Universidad Católica de Chile Santiago de Chile.

Rossetti, M.P. (2007). Caso práctico Santiago de Chile. En: P. Hall (Editor), *Congreso Regiones Capitales*. Comunidad de Madrid, Madrid: 349-372.

Rueda, S. (2002) [en línea]. Barcelona, ciudad mediterránea, compacta y compleja: una visión de futuro más sostenible. [consultado 28 Agosto 2006]. Disponible en <http://www.bcnecologia.net/index.php?option=com_content&task=view&id=108&Itemid=76&lang=SP>.

Salado, M.J., Díaz, M.Á., Bosque Sendra, J., Cantergiani, C., Rojas, C., Jiménez, F., Barnett, I., Fernández, C. y Muñoz, C. (2005). Movilidad Sostenible y SIG". Propuesta de evaluación del transporte público en Alcalá de Henares. En: M. Camacho, J. Cañete y J. Lara (Editores), *El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas*. Grupo de Tecnologías de la Información Geográfica de la Asociación de Geógrafos Españoles y Universidad de Granada: 1777-1794.

Salado, M.J., Rojas, C. y Cantergiani, C. (2008). Modelos Territoriales y Sistemas de Indicadores de Sostenibilidad. Valoración crítica de algunas experiencias concretas. *Serie Geográfica (En prensas)*.

Sastre, P., de Lucio, J. y Martínez, C. (2002) [en línea]. Modelos de conectividad del paisaje a distintas escalas. Ejemplos de aplicación en la comunidad de Madrid. *Revista Ecosistemas*, [consultado 26 Marzo 2008]. Disponible en <http://www.revistaecosistemas.net/index_frame.asp?pagina=http%3A/www.revistaecosistemas.net/articulo.asp%3FId%3D287%26Id_Categoria%3D2%26tipo%3Dportada>.

Schwanen, T., Dieleman, F.M. y Dijst, M. (2001). Travel behaviour in Dutch monocentric and policentric urban systems. *Journal of Transport Geography*, 9: 173-186.

SEREMI - MINVU (Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo Región del Bío - Bío). (2003). Memoria Explicativa Plan Regulador Metropolitano de Concepción.

Shane, M. y Graedel, T. (2000). Urban Environmental Sustainability Metrics: A provisional Set. *Journal of Environmental Planning and Management*, 43: 643-663.

Shen, G. (2002). Fractal dimension and fractal growth of urbanized areas *International Journal of Geographical Science*, 16 (5): 419-437.

Siche, J.R., Agostinho, F., Ortega, E. y Romeiro, A. (2008). Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the emergy performance indices. *Ecological Economics* (En prensa).

Small, C. (2002). Multitemporal analysis of urban reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 81: 427-442.

Sorensen, A., Marcotullio, P.J. y Grant, J. (2005). *Towards sustainable cities*. Ashgate Londres, RU.

Termorshuizen, J., Opdam, P. y van den Brink, A. (2007). Incorporating ecological sustainability into landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 79: 374-384.

Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad Católica de Temuco. (1999). Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile - Informe Regional Octava Región, Santiago de Chile.

Valenzuela, L.M. y Matarán, A. (2008). Environmental indicators to evaluate spatial and water planning in the coast of Granada (Spain). *Land Use Policy*, 25: 95-105.

Varga, D. y Vila, J. (2006). Ecología del paisaje y sistemas de información geográfica ante el cambio socioambiental en las áreas de montaña mediterránea. Una aproximación metodológica al caso de los valles d'Hortmoier y Sant Aniol. *AREAS Revista Internacional de Ciencias Sociales*, N°25: 60-73.

Vásquez, A., Riveros, S. y Romero, H. (2005). Sustentabilidad del Desarrollo Urbano del Gran Concepción. *XXVI Congreso Nacional y XVI Congreso Internacional de Geografía Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, Pontificia Universidad Católica de Chile Santiago de Chile.

- Vidal, C. y Lira, R. (2005). Herramientas de gráfica digital y SIG aplicadas a interacción de características geográficas de Concepción con la urbe (siglo XVIII al XX). 2º Congreso Internacional sobre Ciudad y Territorio Virtual, Concepción: 112 - 116.
- Walsh, E., Babakina, O., Pennock, A., Shi, H., Chi, Y., Wang, T. y Graedel, T. (2006). Quantitative guidelines for urban sustainability. *Technology in Society*, 28: 45-61
- Wallington, T., Bina, O. y Thissen, W. (2007). Theorising strategic environmental assessment: Fresh perspectives and future challenges. *Environmental Impact Assessment Review*, 27: 569-584.
- Wei, J., Jia, M., Wahad, R. y Underhill, K. (2006). Characterizing urban sprawl using multi - stage remote sensing images and landscape metrics. *Computers, Environment and Urban Systems*, 30: 861 - 879.
- Wilson, A. (2000). *Complex Spatial Systems: The Modelling Foundations of Urban and Regional Analysis*. Prentice Hall, Edinburgh, RU.
- William, A. y Clark, A. (2000). Monocentric to Policentric: New Urban Form and Old Paradigms. En: G. Bridge y A. Watson (Editores), *Companion to the City*. Blackwell Publishers, Oxford, RU: 141-154.
- Winchester, L. (2006). Desafíos para el desarrollo sostenible de las ciudades en América Latina y El Caribe. *Estudios Urbanos Regionales EURE*, 32 N°96: 7-25.
- Wong, D.W.S. (1999). Geostatistic as measures of spatial segregation *Urban Geography*, 20: 635-647.
- Wong, D.W.S. (2003). Implementing spatial segregation measures in GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27: 53-70.
- Yu, X.J. y Nam Ng, C. (2007). Spatial and temporal dynamics of urban sprawl along two urban - rural transects: A case study of Guangzhou, China. *Landscape and Urban Planning*, 79: 96-109.
- Zhang, Y., Yang, Z. y Yu, X. (2006). Measurement and evaluation of interactions in complex urban ecosystem. *Ecological Modelling*, 196: 77-89.
- Zhu, M., Jiang, N., Li, J., Xu, J. y Fan, Y. (2006). The effects of sensor spatial resolution and changing grain size on fragmentation indices in urban landscape. *International Journal of Remote Sensing*, 27: 4791-4805.